

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FELIPE FRANCISCO

BIODIVERSIDADE VEGETAL DO CERRADO COMO FONTE DE  
ÓLEOS ESSENCIAIS

CURITIBA

2019

FELIPE FRANCISCO

BIODIVERSIDADE VEGETAL DO CERRADO COMO FONTE DE  
ÓLEOS ESSENCIAIS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dra. Raquel Rejane Bonato Negrelle

Coorientador: Prof. Dr. Ruy Inacio Neiva de Carvalho

CURITIBA

2019

Francisco, Felipe

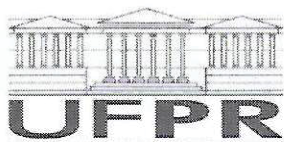
Biodiversidade vegetal do cerrado como fonte de óleos essenciais. /  
Felipe Francisco. - Curitiba, 2019.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências  
Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Orientadora: Raquel Rejane Bonato Negrelle.

Coorientador: Ruy Inacio Neiva de Carvalho.

1. Biodiversidade. 2. Óleos essenciais. 3. Cerrado - Brasil. I. Negrelle,  
Raquel Rejane Bonato. II. Carvalho, Ruy Inacio Neiva de. III. Título. IV.  
Universidade Federal do Paraná.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AGRONOMIA  
(PRODUÇÃO VEGETAL) - 40001016031P6

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **FELIPE FRANCISCO** intitulada: **BIODIVERSIDADE VEGETAL DO CERRADO COMO FONTE DE ÓLEOS ESSENCIAIS**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 01 de Março de 2019.

RAQUEL REJANE BONATO NEGRELLE  
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

RUY INÁCIO NEIVA DE CARVALHO  
Avaliador Externo (PUC/PR)

MARILIA PEREIRA MACHADO  
Avaliador Externo (UFPR)

LUIZ ALBERTO KANIS  
Avaliador Externo (UNISUL)



## **AGRADECIMENTO**

À Universidade Federal do Paraná (UFPR), Programa de Pós-Graduação em Agronomia Produção Vegetal, nas pessoas do coordenador professor Dr. Aníbal de Moraes e secretária Lucimara Antunes pela oportunidade do curso de doutorado e pesquisas relacionadas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa e apoio financeiro ao curso.

À professora Dra. Raquel Rejane Bonato Negrelle pela orientação, disponibilidade e lucidez no desenvolvimento da produção científica.

Ao professor Dr. Ruy Inacio Neiva de Carvalho pela coorientação e disposição em ensinar e auxiliar na implementação de pesquisas.

Aos professores Dr. Wanderlei do Amaral, Dra. Adriana Seneme e Dra. Marília Pereira Machado pela dedicação na correção da tese e orientações para melhoria do documento durante a pré-defesa.

À Pontifícia Universidade Católica do Paraná nas pessoas do professor Dr. Ruy Inacio Neiva de Carvalho e laboratoristas Samara Moraes e Ana Cláudia Portella pela disponibilização do Laboratório Multiuso 3 e auxílio no desenvolvimento das pesquisas com sementes.

Ao Laboratório de Ecofisiologia do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da UFPR, nas pessoas do professor Dr. Cícero Deschamps e do técnico Me. Roger Raupp Cipriano pela concessão do laboratório e participação na execução das análises biométricas e bioquímicas.

À Fazenda Experimental Cangüiri da UFPR nas pessoas do professor Dr. Cícero Deschamps e do funcionário Lourival Valdir Schraiber pela disponibilização da área, insumos e equipamentos e pelo auxílio na condução dos experimentos à campo.

Ao Laboratório de Ecologia Química e Síntese de Produtos Naturais do departamento de Química da UFPR, na pessoa do professor Dr. Francisco de

Assis Marques pela disponibilização do cromatógrafo gasoso com espectrômetro de massas.

Aos Laboratórios de Fitoquímica e Bromatologia do Departamento de Farmácia da UFPR nas pessoas do professor Dr. Obdulio Gomes Miguel, Dra. María Eugenia Balbi e técnica Isabella Florentino Ferreira Bueno pelo auxílio na produção dos extratos vegetais e extração dos compostos de interesse.

Ao Laboratório de Epidemiologia para Manejo Integrado de Doença do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da UFPR, na pessoa da professora Dra. Louise Larissa May De Mio pela disponibilização do laboratório e câmaras incubadoras BOD.

Ao Laboratório de Fitotecnia do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da UFPR, nas pessoas do professor Dr. Ricardo Augusto de Oliveira e técnica Maria Emília Kudla, pela disponibilização de estrutura e do auxílio no beneficiamento e secagem de material vegetal.

À Prefeitura Municipal de Curitiba, na pessoa da Dra. Erica Mielke pela disponibilização da estrutura do Horto Municipal de Curitiba para realização de experimentos em cultivo protegido.

À As Ervas Curam Indústria Farmacêutica Ltda, na pessoa do gerente Robson Candido Dadalt pelas análises dos extratos vegetais.

Ao Instituto Brasileiro de Análises - Ensaio Agrônomicos e às empresas Agro Análise e Rizzi & Cia pelo auxílio nas análises químicas de solos e materiais vegetais.

Aos colegas e amigos Me. Erik Nunes Gomes e Me. Leandro Marcolino Vieira pelo auxílio nas pesquisas desenvolvidas e pelos amplos e assíduos estudos.

À minha companheira Dra. Gabriely Pereira pela participação em todas as etapas das pesquisas e estudos, pelo entusiasmo e grande apoio.

À minha família pelo apoio sempre.

## RESUMO

O Brasil possui a maior biodiversidade vegetal do mundo, com dois *hotspot* de biodiversidade, os biomas Mata Atlântica e Cerrado. Este último é a savana biologicamente mais rica do mundo com 4,4 mil espécies vegetais endêmicas. Apesar do potencial deste recurso natural, as atividades econômicas que avançam sobre o Cerrado consistem na retirada da vegetação para implantação de lavouras e pastagens exóticas. O desenvolvimento de tecnologia para cultivo das espécies nativas da região e para o manejo dos recursos florestais não madeireiros pode ser uma alternativa para aliar geração de renda e preservação ambiental. Dentre os imensuráveis recursos naturais do Cerrado, destacam-se os óleos essenciais presentes nas plantas aromáticas, substâncias de alto valor agregado, crescentemente utilizadas globalmente nos setores cosmético, higiene, alimentício, agropecuário e principalmente medicinal. Visando subsidiar o uso da biodiversidade do cerrado como fonte de compostos bioativos, apresenta-se: 1- resultados de revisão bibliográfica sistemática de 531 espécies reportadas no Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva (PECJ), Paraná, com enfoque nos desafios e oportunidades na perspectiva do uso da biodiversidade do Cerrado como fonte de óleos essenciais; 2- trabalho de bibliometria abordando diagnóstico das pesquisas no setor, principais pontos fortes, lacunas e desafios da produção científica, a fim de contribuir para a expansão da qualidade dos artigos, seu impacto e inovação; 3- resultados de experimentos sobre fenologia e propagação de *Elephantopus mollis* Kunth., espécie aromática intensamente pesquisada para o desenvolvimento de fitoterápicos; e 4- pesquisa sobre propagação e nutrição de *Solidago chilensis* Meyen, espécie amplamente utilizada pela indústria farmacêutica para produção de fitoterápicos, todavia ainda sem informações acerca do seu cultivo e técnicas de obtenção da matéria prima. Pôde-se constatar ampla diversidade de espécies aromáticas no PECJ com potencial para uso medicinal, a despeito de raso conhecimento científico e tecnológico disponível. Apesar da evolução no número de artigos publicados nos últimos 20 anos, ainda são de baixo impacto e inovação. Desafios e oportunidades para assegurar a evolução da produção científica no país e a criação de bases para uso da flora aromática do Cerrado como fonte de óleos essenciais são discutidos. As fenofases de *E. mollis* concentram-se nos períodos de maiores temperatura e precipitação. Tais condições climáticas associadas a solos com pH acima de 5,5 e 70 % de saturação por bases proporcionam melhor desenvolvimento vegetativo e produção e qualidade das sementes. O ponto ideal de colheita das sementes se dá aos 49 dias após a antese, que pode ser identificado pela coloração marrom das brácteas interflorais, excetuando-se as periféricas que se mantêm verdes. O beneficiamento das sementes em peneiras de 0,59 mm e soprador de sementes permite a obtenção de sementes com valor cultural acima de 80%. As sementes podem ser armazenadas a frio durante 12

meses sem redução do potencial germinativo. A germinação ocorre em temperaturas entre 20 e 35 °C, sendo os melhores resultados obtidos a 31 °C, com tempo médio para germinação de 3,6 dias. As sementes são sensíveis à salinidade, com significativa redução da germinação em potencial hídrico inferior a -0,125 MPa. Já as sementes de *S. chilensis* germinam entre as temperaturas de 15 e 35 °C, sendo 24,5 °C a temperatura ideal. O fornecimento de 5,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 1,5 g planta<sup>-1</sup> de potássio e a elevação do nível de fósforo no solo para 30 mg dm<sup>-3</sup> e do pH para 5,5 a 6,5 resulta em maior produção e qualidade de partes aéreas.

Palavras-chave: plantas medicinais, fitoquímica, atividade biológica, produtos florestais não madeireiros, quimiotaxonomia, novos cultivos.

## ABSTRACT

Brazil has the largest biodiversity in the world, with two biodiversity *hotspot*, the Atlantic Forest and Cerrado biomes. Cerrado is the biologically richest savannah in the world with 4,400 endemic plant. Despite the potential for exploitation of these natural resources, the economic activities that advance on this biome consist of the withdrawal of the forest for implantation of exotic crops and pastures. The development of technology for the cultivation of native species in the region and for the management of non-timber forest resources can be an alternative to combine income generation and environmental conservation. Among the immeasurable natural resources of the Cerrado, we highlight the essential oils present in aromatic plants, substances of high added value increasingly used globally in the cosmetic, food, agricultural and especially medicinal sectors. In this context, we present 1- results of a systematic bibliographical review of 531 species reported in the State Park of Cerrado de Jaguaíva (PEC), Paraná, focusing on the challenges and opportunities from the perspective of the use of the Cerrado's biodiversity as a source of essential oils; 2 - bibliometrics work addressing the diagnosis of researches in the sector, main strengths, gaps and challenges of scientific production, in order to contribute to the expansion of the quality of articles, their impact and innovation; 3- results of experiments about phenology and propagation of *Elephantopus mollis* Kunth.; and 4- research on propagation and nutrition of *Solidago chilensis* Meyen. There is a high diversity of aromatic species in PECJ with potential for medicinal use, although the lack of available scientific and technological knowledge. There was a evolution in the number of articles published in the last 20 years, but they are still of low impact and innovation. Challenges and opportunities to ensure the evolution of scientific production in the country and the creation of bases for the use of the aromatic flora of the Cerrado as a source of essential oils are discussed. The phenophases of *E. mollis* are concentrated during periods of higher temperature and precipitation. Such climatic conditions associated to soils with pH above 5.5 and 70% of base saturation provide better vegetative development and seed production and quality. The seeds ideal harvest point occurs at 49 days after anthesis and can be identified by the brown coloration of the interfloral bracts, except those at the edge of the capitulum, which remain greenish. The beneficiation of the seeds in 0.59 mm sieves and seed blower allows the obtaining of seeds with cultural value above 80%. The seeds can be stored cold for 12 months without reducing the germination potential. Germination occurs at temperatures between 20 and 35 ° C, with the best results obtained at 31 ° C, with an average germination time of 3.6 days. Seeds are sensitive to salinity, with significant reduction of germination at a water potential of less than -0,125 MPa. Seeds of *S. chilensis* germinate between 15 and 35 ° C, with 24.5 ° C being the ideal temperature. The supply of 5.1 g of plant<sup>-1</sup> of nitrogen and 1.5 g of plant<sup>-1</sup> of

potassium and raising the level of phosphorus in the soil to 30 mg dm<sup>-3</sup> and the pH for 5.5 to 6.5 results in higher production and quality of aerial parts.

Key-words: medicinal plants, phytochemistry, biological activity, non-timber forest products, chemotaxonomy, new crops

## FIGURAS

FIGURA 1: ABRANGÊNCIA DO BIOMA CERRADO NO BRASIL (A) E NO ESTADO DO PARANÁ (B). PARQUE ESTADUAL DO CERRADO EM JAGUARIAÍVA (C). ....	20
FIGURA 2: <i>Elephantopus mollis</i> KUNTH. ....	21
FIGURA 3: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN. ....	22
FIGURA 4: QUANTIDADE DE ARTIGOS PUBLICADOS SOBRE ESPÉCIES AROMÁTICAS ENCONTRADAS NO PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ. ....	66
FIGURA 5: QUANTIDADE DE ARTIGOS PUBLICADOS POR ÁREA DO CONHECIMENTO SOBRE ESPÉCIES AROMÁTICAS ENCONTRADAS NO PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ. ....	67
FIGURA 6: QUANTIDADE DE ARTIGOS POR NÚMERO DE CITAÇÕES SOBRE ESPÉCIES AROMÁTICAS ENCONTRADAS NO PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ. ....	68
FIGURA 7: QUANTIDADE DE CITAÇÕES PELO ANO DE PUBLICAÇÃO DOS ARTIGOS SOBRE ESPÉCIES AROMÁTICAS ENCONTRADAS NO PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ. ....	68
FIGURA 8: NÚMERO MÉDIO DE CITAÇÕES DOS ARTIGOS E FATOR DE IMPACTO DOS PERIÓDICOS NOS QUAIS FORAM PUBLICADOS. ....	72
FIGURA 9: QUANTIDADE DE ARTIGOS E QUANTIDADE MÉDIA DE CITAÇÕES DOS ARTIGOS SOBRE OCORRÊNCIA (OCO), POPULAÇÃO (POP), REPRODUÇÃO (REP), CRESCIMENTO (CRE), REGENERAÇÃO (REG) E FENOLOGIA (FEN) DE ALGUMAS ESPÉCIES AROMÁTICAS REPORTADAS PARA O PARQUE ESTADUAL DO CERRADO. ....	80
FIGURA 10: QUANTIDADES DE ARTIGOS E MÉDIA DE CITAÇÕES DOS ARTIGOS SOBRE PROPAGAÇÃO (PRO), PLANTIO (PLA), NUTRIÇÃO (NUT), DESENVOLVIMENTO (DES), DEMANDA HÍDRICA (HID), RADIAÇÃO SOLAR (RAD), FITOPATOLOGIA (PAT), COLHEITA (COL), PÓS-COLHEITA (PCO) E MELHORAMENTO GENÉTICO (MEL). ....	82
FIGURA 11: TEMPERATURAS MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA, FOTOPERÍODO, PRECIPITAÇÃO E RADIAÇÃO SOLAR EM CURITIBA, PARANÁ. ....	114
FIGURA 12: TEMPERATURAS MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA, FOTOPERÍODO, PRECIPITAÇÃO E RADIAÇÃO SOLAR EM PINHAIS, PARANÁ. ....	115
FIGURA 13: TEMPERATURAS MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA, FOTOPERÍODO, PRECIPITAÇÃO E RADIAÇÃO SOLAR EM SÃO JOSÉ, SANTA CATARINA. ....	115

FIGURA 14: <i>Elephantopus mollis</i> KUNTH - CAPÍTULO FLORAL COM FLORES EM DESENVOLVIMENTO E ANTESE (A), CAPÍTULO FLORAL COM FRUTOS MADUROS E FLORES (B) E AQUÊNIO MADURO (C). .....	119
FIGURA 15: <i>Elephantopus mollis</i> KUNTH - GERMINAÇÃO DE SEMENTES EPÍGEA. ....	120
FIGURA 16: <i>Elephantopus mollis</i> KUNTH - GERMINAÇÃO DE SEMENTES NA PRESENÇA DE LUZ (A) E AUSÊNCIA DE LUZ (B) E EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS (C). ....	120
FIGURA 17: <i>Elephantopus mollis</i> KUNTH - GERMINAÇÃO DE SEMENTES E EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS. (P<0,01). CV: 8,32%.....	121
FIGURA 18: <i>Elephantopus mollis</i> KUNTH - GERMINAÇÃO DE SEMENTES EM DISTINTAS TEMPERATURAS. (P<0,01). CV: 7,63%.....	122
FIGURA 19: <i>Elephantopus mollis</i> KUNTH - GERMINAÇÃO DIÁRIA ACUMULADA DE SEMENTES SOB 20, 25, 27, 30 E 35 °C. (P<0,01). CV: 9,04%. ....	122
FIGURA 20: <i>Elephantopus mollis</i> KUNTH - ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES EM DISTINTAS TEMPERATURAS. (P<0,01). CV: 6,69%. ....	123
FIGURA 21: <i>Elephantopus mollis</i> KUNTH - TEMPO MÉDIO PARA GERMINAÇÃO E ENTROPIA DE SEMENTES EM DISTINTAS TEMPERATURAS. (P<0,01). CV: 6,69%. ....	123
FIGURA 22: <i>Elephantopus mollis</i> KUNTH - GERMINAÇÃO DE SEMENTES SOB CONDIÇÕES DE SALINIDADE. (P<0,01). CV: 10,32%.....	124
FIGURA 23: <i>Elephantopus mollis</i> KUNTH - SUCESSÃO E OCORRÊNCIA DE FENOFASES, MÉDIA ENTRE NOVE POPULAÇÕES.....	125
FIGURA 24: <i>Elephantopus mollis</i> KUNTH - DISTRIBUIÇÃO E DURAÇÃO DAS FENOFASES EM 9 POPULAÇÕES. ....	127
FIGURA 25: <i>Elephantopus mollis</i> KUNTH - OCORRÊNCIA DE FENOFASES EM 9 POPULAÇÕES. ....	128
FIGURE 26: CLIMATIC CONDITIONS OF THE EXPERIMENTAL AREA IN CURITIBA, BRAZIL, IN 2016.....	152
FIGURE 27: <i>Elephantopus mollis</i> KUNTH (ASTERACEAE): A) DRY WEIGHT; B) MOISTURE; C) GERMINATION; D) AVERAGE GERMINATION TIME (AGT); E) GERMINATION SPEED INDEX (GSI); F) ENTROPY OF SEEDS AT DIFFERENT MATURATION STAGES (P <0.01). ....	155
FIGURE 28: <i>Elephantopus mollis</i> KUNTH (ASTERACEAE): A, B, C) ANTHESIS STARTING FROM THE CENTER OF THE CAPITULUM; D) CAPITULUM AT 7 DAA	



SHOWING DEVELOPING FLOWERS, LATENCY AND ANTHESIS AT THE BORDER AND SEED FORMATION IN THE CENTER OF THE CAPITULUM, WITH YELLOWING OF THE INTERFLORAL BRACTS; E) CAPITULUM AT THE IDEAL HARVEST MOMENT, 49 DAA. ....	156
FIGURE 29: <i>Elephantopus mollis</i> KUNTH (ASTERACEAE): PROCESSING OF SEEDS IN SIEVES. ....	156
FIGURE 30: <i>Elephantopus mollis</i> KUNTH (ASTERACEAE): A) PURITY; B) 1000 SEED WEIGHT (TSW); C) GERMINATION; AND D) CULTURAL VALUE OF SEEDS AFTER PROCESSING IN A CONTINUOUS-FLOW BLOWER WITH A VERTICAL AIR STREAM UNDER DIFFERENT EQUIPMENT OPENING SETTINGS ( $P < 0.01$ ). ....	157
FIGURE 31: <i>Elephantopus mollis</i> KUNTH (ASTERACEAE): GERMINATION OF SEEDS STORED FOR DIFFERENT PERIODS UNDER ROOM TEMPERATURE AND REFRIGERATION ( $P < 0.05$ ). CV: 13.81%. ....	158
FIGURE 32: <i>Elephantopus mollis</i> KUNTH (ASTERACEAE): GERMINATION OF SEEDS SUBJECTED TO DIFFERENT PERIODS OF ACCELERATED AGING AT 43 °C AND 100% HUMIDITY ( $P < 0.01$ ). CV: 8.38%. ....	158
FIGURA 33: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN: ALGUNS COMERCIAIS DISPONÍVEIS NO MERCADO. ....	171
FIGURA 34: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN: INFLORESCÊNCIA (A), PANÍCULA EM SENESCÊNCIA (B) E POPULAÇÃO NATURAL EM CAMPO LARGO (PARANÁ) (B). ....	173
FIGURA 35: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - IMPLANTAÇÃO DE EXPERIMENTO (A), PLANTAS EM DESENVOLVIMENTO (B, C), EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO (D). ....	175
FIGURA 36: TEMPERATURAS MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA, FOTOPERÍODO, PRECIPITAÇÃO E RADIAÇÃO SOLAR EM PINHAIS, PARANÁ. ....	176
FIGURA 37: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - EXTRAÇÃO DE QUERCITRINA EM APARELHO SOXHLET (A, B) E QUANTIFICAÇÃO DO TEOR DE PROTEÍNA FOLIAR (C). ....	179
FIGURA 38: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - GERMINAÇÃO DE SEMENTES EM DISTINTAS TEMPERATURAS. ( $P < 0,01$ ). CV: 9,03%. ....	184
FIGURA 39: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - TEMPO MÉDIO PARA GERMINAÇÃO DE SEMENTES EM DISTINTAS TEMPERATURAS. ( $P < 0,05$ ). CV: 11,34%. ....	184
FIGURA 40: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - GERMINAÇÃO DIÁRIA ACUMULADA DE SEMENTES SOB 20, 25, 27, 30 E 35 °C. ( $P < 0,01$ ). CV: 9,81%. ....	185
FIGURA 41: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - ENTROPIA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES EM DISTINTAS TEMPERATURAS. ( $P < 0,05$ ). CV: 11,21%. ....	185

FIGURA 42: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - ALTURA, ACAMAMENTO, MASSA SECA DE FOLHAS, MASSA SECA DE CAULE, RELAÇÃO MASSA SECA DE FOLHAS POR MASSA SECA TOTAL, ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA SOB DOSES DE NITROGÊNIO.....	187
FIGURA 43: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - TEORES DE PROTEÍNA, AÇÚCARES SOLÚVEIS TOTAIS, AÇÚCARES REDUTORES, CLOROFILA A, CLOROFILA B E RELAÇÃO ENTRE CLOROFILA A E B SOB DOSES DE NITROGÊNIO.....	188
FIGURA 44: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - TEORES E CONTEÚDO DE QUERCITRINA NA PARTE FOLHA E PARTE AÉREA SOB DOSES DE NITROGÊNIO. ....	189
FIGURA 45: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - TEOR E CONTEÚDO DE ÓLEO ESSENCIAL SOB DOSES DE NITROGÊNIO. ....	189
FIGURA 46: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - TEORES DE NITROGÊNIO FOLIAR E CAULINAR E CONTEÚDO DE NITROGÊNIO NA PARTE AÉREA SOB DOSES DE NITROGÊNIO.....	191
FIGURA 47: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - ÍNDICE DE EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DOS NUTRIENTES NAS FOLHAS, QUANTIDADE DE NITROGÊNIO ABSORVIDO E APLICADO PARA CADA 100 G DE MASSA SECA DE FOLHAS E RELAÇÃO ENTRE NITROGÊNIO ABSORVIDO E APLICADO SOB DOSES DE NITROGÊNIO.....	192
FIGURA 48: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - ALTURA, ACAMAMENTO, MASSA SECA DE FOLHAS, MASSA SECA DE CAULE, RELAÇÃO MASSA SECA DE FOLHAS POR MASSA SECA TOTAL, ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA SOB DOSES DE POTÁSSIO. ....	193
FIGURA 49: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - TEORES DE PROTEÍNA, AÇÚCARES SOLÚVEIS TOTAIS E REDUTORES, CLOROFILA A, CLOROFILA B E RELAÇÃO ENTRE CLOROFILA A E B SOB DOSES DE POTÁSSIO.....	194
FIGURA 50: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - TEORES E CONTEÚDO DE QUERCITRINA NA PARTE FOLHA E PARTE AÉREA EM SOB DOSES DE POTÁSSIO. ....	195
FIGURA 51: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - TEOR E CONTEÚDO DE ÓLEO ESSENCIAL SOB DOSES DE POTÁSSIO.....	195
FIGURA 52: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - TEORES DE POTÁSSIO FOLIAR E CAULINAR E CONTEÚDO DE POTÁSSIO NA PARTE AÉREA SOB DOSES DE POTÁSSIO. ....	197
FIGURA 53: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - ÍNDICE DE EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DOS NUTRIENTES NAS FOLHAS, QUANTIDADE DE NITROGÊNIO ABSORVIDO E APLICADO PARA CADA 100 G DE MASSA SECA DE FOLHAS E RELAÇÃO ENTRE NITROGÊNIO ABSORVIDO E APLICADO SOB DOSES DE POTÁSSIO. ....	198
FIGURA 54: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - ALTURA, ACAMAMENTO, MASSA SECA DE FOLHAS, MASSA SECA DE CAULE, RELAÇÃO MASSA SECA DE FOLHAS POR	

MASSA SECA TOTAL, ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA SOB DOSES DE FÓSFORO.....	199
FIGURA 55: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - TEORES DE PROTEÍNA, AÇÚCARES SOLÚVEIS TOTAIS, AÇÚCARES REDUTORES, CLOROFILA A, CLOROFILA B E RELAÇÃO ENTRE CLOROFILA A E B SOB DOSES DE FÓSFORO.....	200
FIGURA 56: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - TEORES E CONTEÚDO DE QUERCITRINA NA PARTE FOLHA E PARTE AÉREA SOB DOSES DE FÓSFORO.....	201
FIGURA 57: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - TEOR E CONTEÚDO DE ÓLEO ESSENCIAL EM SOB DOSES DE FÓSFORO.....	201
FIGURA 58: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - TEORES DE FÓSFORO FOLIAR E CAULINAR E CONTEÚDO DE FÓSFORO NA PARTE AÉREA SOB DOSES DE FÓSFORO.....	202
FIGURA 59: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - ÍNDICE DE EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DOS NUTRIENTES NAS FOLHAS, QUANTIDADE DE NITROGÊNIO ABSORVIDO E APLICADO PARA CADA 100 G DE MASSA SECA DE FOLHAS E RELAÇÃO ENTRE NITROGÊNIO ABSORVIDO E APLICADO SOB DOSES DE FÓSFORO.....	203
FIGURA 60: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - ALTURA, ACAMAMENTO, MASSA SECA DE FOLHAS, MASSA SECA DE CAULE, RELAÇÃO MASSA SECA DE FOLHAS POR MASSA SECA TOTAL, ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA SOB DOSES DE CALCÁRIO DOLOMÍTICO.....	204
FIGURA 61: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - TEORES DE PROTEÍNA, AÇÚCARES SOLÚVEIS TOTAIS, AÇÚCARES REDUTORES, CLOROFILA A, CLOROFILA B E RELAÇÃO ENTRE CLOROFILA A E B SOB DOSES DE CALCÁRIO DOLOMÍTICO. ....	205
FIGURA 62: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - TEORES E CONTEÚDO DE QUERCITRINA NA PARTE FOLHA E PARTE AÉREA SOB DOSES DE CALCÁRIO DOLOMÍTICO.	206
FIGURA 63: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - TEOR E CONTEÚDO DE ÓLEO ESSENCIAL SOB DOSES DE CALCÁRIO DOLOMÍTICO. ....	206
FIGURA 64: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - TEORES DE CÁLCIO E MAGNÉSIO FOLIAR E CAULINAR E CONTEÚDO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO NA PARTE AÉREA SOB DOSES DE CALCÁRIO DOLOMÍTICO.....	207
FIGURA 65: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - ÍNDICE DE EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DOS NUTRIENTES NAS FOLHAS, QUANTIDADE DE CÁLCIO ABSORVIDO E APLICADO PARA CADA 100 G DE MASSA SECA DE FOLHAS E RELAÇÃO ENTRE NITROGÊNIO ABSORVIDO E APLICADO SOB DOSES DE CALCÁRIO DOLOMÍTICO. ....	208

## TABELAS

TABELA 1: ESPÉCIES AROMÁTICAS REPORTADAS PARA O PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ, HÁBITO DE CRESCIMENTO E NÚMERO DE ARTIGOS REPORTANDO ÓLEOS ESSENCIAIS.....	28
TABELA 2: ESPÉCIES POTENCIALMENTE AROMÁTICAS REPORTADAS PARA O PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ. ....	30
TABELA 3: ATIVIDADES BIOLÓGICAS REPORTADAS PARA ESPÉCIES AROMÁTICAS E POTENCIALMENTE AROMÁTICAS DO PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ.....	32
TABELA 4: ESPÉCIES AROMÁTICAS AINDA NÃO PESQUISADAS SOBRE ATIVIDADES BIOLÓGICAS. PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ.....	33
TABELA 5: NÚMERO DE ARTIGOS SOBRE ECOLOGIA E CULTIVO DE ESPÉCIES MEDICINAIS AROMÁTICAS DO PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA.....	34
TABELA 6: FREQUÊNCIA DE PUBLICAÇÃO DOS AUTORES SOBRE ESPÉCIES AROMÁTICAS ENCONTRADAS NO PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ, E COMPARAÇÃO COM O PADRÃO INTERNACIONAL, SEGUNDO LEI DE LOTKA.....	69
TABELA 7: INSTITUIÇÕES COM MAIOR NÚMERO DE ARTIGOS E NÚMERO MÉDIO DE CITAÇÕES POR ARTIGO SOBRE ESPÉCIES AROMÁTICAS ENCONTRADAS NO PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ. ....	69
TABELA 8: QUANTIDADE E PROPORÇÃO DE ARTIGOS POR PAÍS E NÚMERO MÉDIO DE CITAÇÕES POR ARTIGO SOBRE ESPÉCIES AROMÁTICAS ENCONTRADAS NO PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ.....	70
TABELA 9: PAÍS, QUANTIDADE, PROPORÇÃO, NÚMERO MÉDIO DE CITAÇÕES, QUALIS CAPES E JOURNAL CITATION REPORTS® (JCR) DOS PRINCIPAIS PERIÓDICOS COM PUBLICAÇÕES SOBRE ESPÉCIES AROMÁTICAS ENCONTRADAS NO PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ.....	71
TABELA 10: PROPORÇÃO, NÚMERO MÉDIO DE CITAÇÕES, VALOR MÉDIO DE JOURNAL CITATION REPORTS (JCR) DOS ARTIGOS CLASSIFICADOS POR QUALIS CAPES. ....	71
TABELA 11: QUANTIDADE E PROPORÇÃO DE ARTIGOS POR PAÍS ONDE É VINCULADO O PRIMEIRO AUTOR E NÚMERO MÉDIO DE CITAÇÕES POR ARTIGO RELACIONADOS A FITOQUÍMICA DE ESPÉCIES AROMÁTICAS REPORTADAS PARA O PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ. ....	72

TABELA 12: PAÍS, QUANTIDADE E PROPORÇÃO DE ARTIGOS, NÚMERO MÉDIO DE CITAÇÕES POR ARTIGO, QUALIS CAPES E JOURNAL CITATION REPORTS® (JCR) DOS PRINCIPAS PERIÓDICOS COM PUBLICAÇÕES SOBRE FITOQUÍMICA DE ESPÉCIES AROMÁTICAS REPORTADAS PARA O PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ.....	74
TABELA 13: FATORES RELACIONADOS AO MAIOR NÚMERO DE CITAÇÕES DE ARTIGOS SOBRE FITOQUÍMICA DE ESPÉCIES AROMÁTICAS REPORTADAS PARA O PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ.....	74
TABELA 14: QUANTIDADE E PROPORÇÃO DE ARTIGOS POR PAÍS E NÚMERO MÉDIO DE CITAÇÕES POR ARTIGO RELACIONADOS A ATIVIDADE BIOLÓGICA DE ESPÉCIES AROMÁTICAS REPORTADAS PARA O PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ.....	75
TABELA 15: QUANTIDADE E PROPORÇÃO DE ARTIGOS, NÚMERO MÉDIO DE CITAÇÕES POR ARTIGO, QUALIS CAPES E JOURNAL CITATION REPORTS® (JCR) DOS PRINCIPAIS PERIÓDICOS COM PUBLICAÇÕES SOBRE ATIVIDADE BIOLÓGICA DE ESPÉCIES AROMÁTICAS REPORTADAS PARA O PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ. ....	76
TABELA 16: FATORES RELACIONADOS AO MAIOR NÚMERO DE CITAÇÕES DE ARTIGOS SOBRE ATIVIDADE BIOLÓGICA DE ESPÉCIES AROMÁTICAS REPORTADAS PARA O PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ.....	77
TABELA 17: ATIVIDADES BIOLÓGICAS DE EXTRATO E ÓLEO ESSENCIAL DE ESPÉCIES AROMÁTICAS REPORTADAS NO PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ.....	78
TABELA 18: QUANTIDADE MÉDIA DE CITAÇÕES POR ARTIGO E NÚMERO DE ARTIGOS DAS PRINCIPAIS ATIVIDADES BIOLÓGICAS DE ESPÉCIES AROMÁTICAS REPORTADAS PARA O PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ. ....	79
TABELA 19: PAÍS, QUANTIDADE E PROPORÇÃO DE ARTIGOS, NÚMERO MÉDIO DE CITAÇÕES POR ARTIGO, QUALIS CAPES E JOURNAL CITATION REPORTS® (JCR) DOS PRINCIPAIS PERIÓDICOS COM PUBLICAÇÕES SOBRE ECOLOGIA DE ESPÉCIES AROMÁTICAS REPORTADAS PARA O PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ.....	81
TABELA 20: FATORES RELACIONADOS AO NÚMERO DE CITAÇÕES DE ARTIGOS SOBRE ECOLOGIA DE ESPÉCIES AROMÁTICAS REPORTADAS PARA O PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ. ....	81
TABELA 21: PAÍS, QUANTIDADE E PROPORÇÃO DE ARTIGOS, NÚMERO MÉDIO DE CITAÇÕES POR ARTIGO, QUALIS CAPES E JOURNAL CITATION REPORTS® (JCR) DOS PRINCIPAIS PERIÓDICOS COM PUBLICAÇÕES SOBRE CULTIVO DE	

ESPÉCIES AROMÁTICAS REPORTADAS PARA O PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ. ....	83
TABELA 22: FATORES RELACIONADOS AO MAIOR NÚMERO DE CITAÇÕES DE ARTIGOS SOBRE CULTIVO DE ESPÉCIES AROMÁTICAS REPORTADAS PARA O PARQUE ESTADUAL DO CERRADO DE JAGUARIAÍVA, PARANÁ. ....	84
TABELA 23: PRINCIPAIS EMPRESAS PARCEIRAS NA PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA ENTRE 2011 E 2016 POR NÚMERO DE ARTIGOS.....	92
TABELA 24: COORDENADAS, FORMAÇÃO VEGETAL, ALTITUDE E CLIMA DOS LOCAIS DE COLETA DAS POPULAÇÕES DE <i>E. mollis</i> AVALIADAS. ....	114
TABELA 25: RESULTADO DE ANÁLISE DE SOLO DOS LOCAIS DE ESTUDO .....	116
TABELA 26: GERMINAÇÃO, PESO DE MIL SEMENTES (PMS), NÚMERO DE SEMENTES POR PLANTA E RENDIMENTO DE SEMENTES POR CAPÍTULO DE <i>E. mollis</i> COLETADOS NOS MUNICÍPIOS DE CURITIBA/PR, PINHAIS/PR E SÃO JOSÉ/SC. ....	129
TABELA 27: COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (R) <sup>1</sup> ENTRE PARES DAS VARIÁVEIS ESTUDADAS. GERMINAÇÃO (G), PESO DE MIL SEMENTES (PMS), NÚMERO DE SEMENTES, PERÍODO DE DURAÇÃO DAS FENOFASES, MATÉRIA ORGÂNICA (MO), PH, TEOR DE ALUMÍNIO (AL), SOMA DE BASES (SB), SATURAÇÃO POR BASES (V%), SATURAÇÃO DE ALUMÍNIO (M), TEMPERATURA MÁXIMA (T° MAX), TEMPERATURA MÉDIA (T° MÉD), TEMPERATURA MÍNIMA (T° MIN), PRECIPITAÇÃO (PRE), RADIAÇÃO SOLAR (RAD) E RENDIMENTO DE SEMENTES (REN) .....	130
TABLE 28: <i>Elephantopus mollis</i> KUNTH (ASTERACEAE): PERCENTAGE OF SAMPLE MASS AND SEED GERMINATION OF THE LIGHT FRACTION (DISCARD) AT EACH SEED BLOWER SETTING. ....	157
TABELA 29: GERMINAÇÃO, PESO DE MIL SEMENTES (PMS), NÚMERO DE SEMENTES POR PANÍCULA E RENDIMENTO DE SEMENTES DE <i>S. chilensis</i> COLETADAS EM QUATRO POPULAÇÕES. ....	183
TABELA 30: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL SOB DOSES DE NITROGÊNIO.....	190
TABELA 31: <i>Solidago chilensis</i> MEYEN - COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL SOB DOSES DE POTÁSSIO. ....	196

## SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	- Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AFE	- Área Foliar Específica
Ca	- Cálcio
CEEx	- Centro de Estações Experimentais
CIRAM	- Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina
CV	- Coeficiente de Variação
DAA	- Dias após a Antese
DAP	- Dias após o Plantio
E	- Entropia
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	- Food and Agriculture Organization of the United Nations
FINEP	- Financiadora de Estudos e Projetos
G	- Porcentagem de germinação
HPLC	- High Power Liquid Chromatography
IVG	- Índice de Velocidade de Germinação
JCR	- Journal Citation Reports®
K	- Potássio
Mg	- Magnésio
MO	- Matéria Orgânica
MSC	- Massa Seca de Caule
MSF	- Massa Seca de Folhas
MST	- Massa Seca Total
N	- Nitrogênio
NAB	- Quantidade de Nutrientes Absorvidos
NAP	- Quantidade de Nutrientes Aplicados
NuBBE <sub>DB</sub>	- Núcleo de Bioensaios, Ecofisiologia e Biossíntese de Base de Dados de Produtos Naturais
OE	- Óleo Essencial
P	- Fósforo

PEC	- Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva
PFNM	- Produtos Florestais não Madeireiros
PMS	- Peso de mil sementes
PRNT	- Poder Relativo de Neutralização Total
RENISUS	- Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS
SAB	- Soro albumina bovina
SABIIA	- Sistema Aberto e Integrado de Informação em Agricultura
SB	- Soma de Bases
SMP	- Shoemaker, Mac lean and Pratt Method
SIMEPAR	- Sistema Meteorológico do Paraná
TMG	- Tempo Médio para Germinação
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
UFSC	- Universidade Federal de Santa Catarina
UNESCO	- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
V%	- Saturação por Bases



## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	18
1 ESPÉCIES AROMÁTICAS DO CERRADO: AVALIAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO PARA SUBSIDIAR SUA CONSERVAÇÃO E USO SUSTENTÁVEL.....	24
1.1 INTRODUÇÃO .....	25
1.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	26
1.3 RESULTADOS .....	28
1.3.1 Espécies com óleos essenciais.....	28
1.3.2 Atividades biológicas .....	31
1.3.3 Aspéctos ecológicos e agrícolas .....	33
1.4 DISCUSSÃO .....	35
1.4.1 Potencial de uso da biodiversidade.....	35
1.4.2 Oportunidades de pesquisas inovadoras e de impacto .....	37
1.4.3 Desafios e oportunidades de desenvolvimento social, econômico e ambiental.....	41
1.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
REFERÊNCIAS.....	44
2 A PESQUISA EM ÓLEOS ESSENCIAIS E FARMACOLOGIA DE PLANTAS DO CERRADO.....	60
2.1 INTRODUÇÃO .....	61
2.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	63
2.2.1 Seleção das espécies de estudo.....	64
2.2.2 Pesquisa Bibliométrica.....	64
2.3 RESULTADOS .....	66
2.3.1 Panorama .....	66
2.3.2 Fitoquímica .....	72
2.3.3 Atividade biológica .....	75
2.3.4 Ecologia .....	80

2.3.5 Cultivo.....	82
2.4 DISCUSSÃO .....	84
2.4.1 A evolução das publicações.....	84
2.4.2 Pontos fortes e fracos dos artigos .....	85
2.4.3 Autores, institutos de pesquisa e revistas científicas .....	90
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94
REFERÊNCIAS.....	95
3 FENOLOGIA E PROPAGAÇÃO SEXUADA DE <i>Elephantopus mollis</i> KUNTH. ....	110
3.1 INTRODUÇÃO .....	111
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	113
3.2.1 Fenologia .....	113
3.2.2 Produção de sementes por planta .....	117
3.2.3 Caracterização da germinação .....	117
3.2.4 Análise dos dados.....	118
3.3 RESULTADOS .....	119
3.3.1 Características do florescimento, frutificação e germinação de sementes. ....	119
3.3.2 Fenologia .....	124
3.3.3 Produção de sementes .....	129
3.4 DISCUSSÃO .....	131
3.5 CONCLUSÕES .....	135
REFERÊNCIAS.....	136
4 Maturation, processing and seed storage of <i>Elephantopus mollis</i> Kunth.....	149
4.1 <b>Introduction</b> .....	150
4.2 <b>Material and methods</b> .....	151
4.2.1 Ideal harvest moment.....	151
4.2.2 Seed processing .....	153
4.2.3 Storage of seeds.....	154
4.3 <b>Results</b> .....	154
4.3.1 Maturation of seeds .....	154

4.3.2 Seed processing .....	155
4.3.3 Storage .....	158
4.4 Discussion .....	159
4.5 Conclusions .....	162
References .....	162
5 PROPAGAÇÃO E NUTRIÇÃO DE <i>Solidago chilensis</i> MEYEN .....	169
5.1 INTRODUÇÃO .....	170
5.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	172
5.2.1 Propagação .....	172
5.2.2 Nutrição .....	174
5.2.3 Análise dos dados.....	183
5.3 RESULTADOS .....	183
5.3.1 Propagação .....	183
5.3.2 Nutrição .....	186
5.4 DISCUSSÃO .....	209
5.4.1 Propagação .....	209
5.4.2 Nutrição .....	209
5.5 CONCLUSÕES .....	216
REFERÊNCIAS.....	217
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES .....	238
REFERÊNCIAS.....	243
APÊNDICE – NOMES CIENTÍFICOS COMPLETOS DAS ESPÉCIES ABORDADAS .....	249

## INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é um país de proporções continentais com diversas condições edafoclimáticas que abrigam a maior biodiversidade florística do mundo. São mais de 43 mil espécies vegetais distribuídas em seis biomas terrestres. Detém dois *hotspots* de biodiversidade globalmente reconhecidos, os biomas Mata Atlântica e Cerrado, e seis reservas da biosfera reconhecidos pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO). O bioma Cerrado é a savana biologicamente mais rica do mundo, com 13 mil espécies vegetais nativas sendo mais de 4,4 mil espécies endêmicas (BRASIL, 2011).

O Cerrado é um dos biomas mais preservados do mundo (OLSON et al., 2001; BASTIN et al., 2017; FEARNside, 2017; MITTERMEIER; RYLANDS, 2018). Possui 56% de cobertura vegetal conservada, e quase toda área antropizada é utilizada pelo setor agropecuário (BRASIL, 2016) que crescentemente respeita as matas ciliares e reservas legais, compondo importante sistema de recuperação e preservação ambiental (FEISTAUER et al., 2014; FERREIRA et al., 2015; BRANCALION et al., 2016; MIRANDA et al., 2017; SARLET et al., 2015; RAYNAUT et al., 2018).

Todavia, o desflorestamento é ainda um problema no bioma diante o modelo econômico vigente em algumas regiões, baseado na retirada da floresta pela atividade madeireira e uso das terras pela atividade agropecuária tradicional (BONANOMI et al., 2019; LIMA et al., 2019; SANO et al., 2019). Como resultado, entre 2003 e 2009, estima-se desflorestamento de 26.537 km<sup>2</sup> no bioma e já foram catalogadas 645 espécies vegetais ameaçadas de extinção (BRASIL, 2016).

O uso racional dos recursos da biodiversidade é uma alternativa de geração de renda e desenvolvimento local e nacional que pode estar aliado à preservação dos ecossistemas como a exploração dos produtos florestais não madeireiros (PFNM) que permitem a produção agrícola sem a retirada da floresta, através de cultivos ou enriquecimento da floresta com as espécies de interesse (BELCHER, 2005; DAWSON et al., 2014; SHACKLETON; PANDEY, 2014; MARQUES; HANAZAKI, 2016).

Dentre os PFNM, as plantas aromáticas de interesse medicinal possuem destaque pelo alto valor agregado e pelo crescimento do setor de fitoterápicos

no mundo (JENSEN, 2009; YADAV; MISRA, 2012; CHOUDHARY et al., 2014; MELESE, 2016). Plantas aromáticas são as espécies vegetais que produzem óleos essenciais (OE), caracterizados como substâncias aromáticas, voláteis e lipossolúveis, obtidas a partir do metabolismo secundário das plantas (SANGWAN et al., 2001), globalmente utilizados para produção de fármacos, cosméticos, agroquímicos, alimentos, condimentos, perfumaria, produtos de limpeza e higiene pessoal (BURT, 2004; EDRIS, 2007; BAKKALI et al., 2008; ADORJAN; BUCHBAUER, 2010; MIGUEL, 2010; LUBBE; VERPOORTE, 2011; RAUT; KARUPPAYIL, 2014)

O setor mundial de OE movimenta US\$ 11,67 bilhões e 301 mil toneladas por ano com crescimento de mais de 9% ao ano (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2017; GRAND VIEW RESEARCH, 2018) devido ao potencial de uso destas moléculas em substituição a produtos sintéticos de diversos setores, além da possibilidade do desenvolvimento de novos produtos como fármacos (SOUTHERN AFRICAN DEVELOPMENT COMMUNITY, 2008; MIGUEL, 2010; NERIO et al., 2010; LUBBE; VERPOORTE, 2011).

A demanda por OE contendo constituintes tradicionais como mentol, cânfora, citral, limoneno, safrol e eugenol é crescente, porém há grande demanda por novos princípios ativos, o que infere a importância da pesquisa de espécies nativas da extensa biodiversidade ainda inexplorada (CRAVEIRO; QUEIROZ, 1993; BIZZO et al., 2009; LAWRENCE, 2009; ADORJAN; BUCHBAUER, 2010).

Apesar de haver condições para produção de diversas espécies aromáticas no Brasil (CRAVEIRO; QUEIROZ, 1993; BIZZO et al., 2009), são incipientes as iniciativas de produção de óleos essenciais, e a balança comercial brasileira de OE não cítricos entre 2008 e 2018 teve média anual negativa de US\$ 49 milhões (BRASIL, 2019a).

A imensa biodiversidade do Cerrado é ainda pouco explorada e desconhecida em seu potencial uso pelo homem, podendo guardar diversas plantas aromáticas de interesse industrial, e são insuficientes os estudos científicos sobre o tema (BERTONCELLO et al., 2011; RIBEIRO et al., 2011).

Para consolidação de sistemas produtivos baseados em produtos da biodiversidade do Cerrado, em especial os OE, são necessárias diversas

pesquisas sobre as propriedades químicas e medicinais das espécies aromáticas a ponto de viabilizar novos produtos como fármacos, além dos aspectos ecológicos e agrícolas que permitam a produção da matéria prima de qualidade de forma sustentável, evitando o desflorestamento desordenado e a superexploração das espécies nativas de interesse comercial (YUNES et al., 2001; BÔAS et al., 2007; CORREA; ALVES, 2008; KLEIN et al., 2010; HOMMA, 2012).

Diante a grande extensão do Cerrado, o Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva (PECJ) (Figura 1) possui destaque por ser a única área de preservação de Cerrado expressiva no sul do país (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 2002; VON LINSINGEN et al., 2006). Está em uma das regiões menos preservadas do Cerrado, amplamente ocupada por atividades agrícolas. Por outro lado, é uma área de grande diversidade vegetal e elevado grau de endemismo. Assim, a região é classificada como Área Prioritária para Conservação da Biodiversidade, sendo fomentadas atividades de uso sustentável (BRASIL, 2019b).

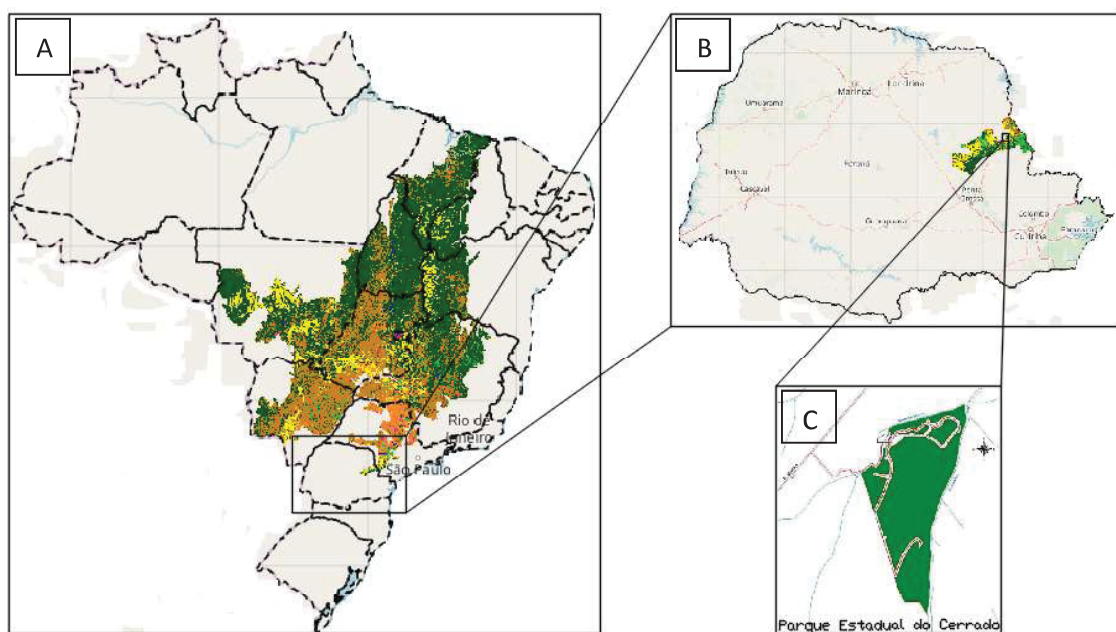


Figura 1: Abrangência do bioma Cerrado no Brasil (A) e no estado do Paraná (B). Parque Estadual do Cerrado em Jaguariaíva (C).

Neste contexto, este documento apresenta resultados de pesquisa com objetivo de contribuir para o melhor conhecimento da biodiversidade vegetal do Cerrado como fonte de óleos essenciais.



No primeiro capítulo, são apresentados resultados de levantamento bibliográfico sistemático relativo às pesquisas sobre 531 espécies reportadas para o PECJ com objetivo de elencar o conhecimento científico existente sobre presença de óleos essenciais, atividades biológicas e aspectos ecológicos e agrícolas. Discute-se, também, os principais desafios e oportunidades da criação de base científica para apoiar o uso sustentável da biodiversidade do Cerrado como fonte de óleos essenciais.

No segundo capítulo, trata-se de resultados de pesquisa bibliométrica com objetivo de subsidiar a expansão da qualidade da produção científica e tecnológica no setor, em busca de maior impacto e inovações. Analisou-se o panorama das pesquisas, pontos fortes e fracos dos artigos e as lacunas e desafios para evolução da produção científica.

Para duas espécies elencadas em revisão bibliográfica como prioritárias para estudos que possam embasar a obtenção de matéria prima de qualidade, foram realizadas pesquisas experimentais.

*Elephantopus mollis* Kunth. (Figura 2) é uma espécie medicinal aromática amplamente pesquisada no mundo para o desenvolvimento de medicamentos devido suas atividades anticarcinogênica, anti-inflamatória e antileishmaniose, com sete pedidos de patente para uso fitoterápico (HASEGAWA et al., 2010; KABIRU et al., 2013). Sobre esta espécie, apresentam-se os capítulos três e quatro.

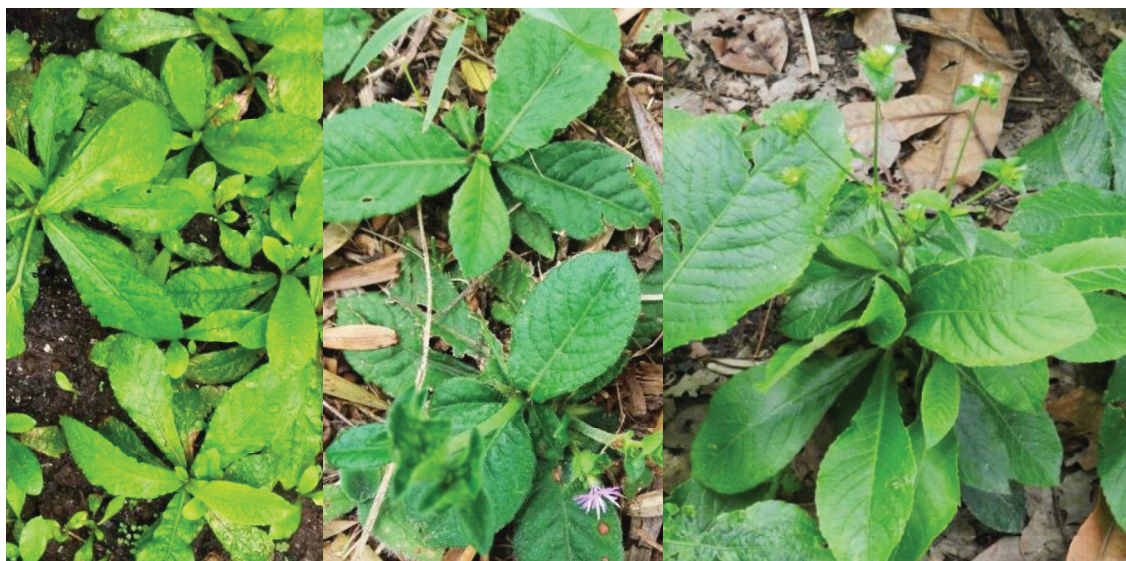


Figura 2: *Elephantopus mollis* Kunth.

No capítulo três aborda-se fenologia e reprodução sexuada de *E. mollis* com objetivo subsidiar seu cultivo. Avaliou-se a dinâmica e variabilidade fenológica em distintas condições edafoclimáticas além das condições ideais de germinação de sementes da espécie visando estabelecimento do cultivo a campo.

No quarto capítulo, resultados de pesquisa sobre maturação, colheita, beneficiamento e armazenamento de sementes de *E. mollis* são discutidos, sendo este capítulo uma transcrição íntegra de artigo publicado na revista Acta Scientiarum Agronomy, apenas com modificação nos números das figuras e tabelas.

*Solidago chilensis* Meyen (Figura 3) é uma espécie medicinal aromática, matéria prima para produção de fitoterápicos, principalmente com atividade anti-inflamatória (ROMAN JUNIOR et al., 2015; SOUZA et al., 2018). Há grande apelo industrial para produção de matéria prima de qualidade e ambiental para evitar a superexploração da espécie.



Figura 3: *Solidago chilensis* Meyen.



No capítulo cinco, são abordados propagação e nutrição de *S. chilensis*, com vistas a subsidiar o cultivo da espécie. As melhores condições de propagação sexuada da espécie e a resposta das plantas em termos de produtividade e qualidade de biomassa em resposta à nutrição são discutidos.

Concluindo o documento, são apresentadas considerações finais e recomendações sobre a biodiversidade vegetal do PECJ como fonte de OE, os conhecimentos científicos disponíveis, as lacunas de conhecimento, os caminhos para evolução das pesquisas e aspectos relacionados ao cultivo das espécies *E. mollis* e *S. chilensis*.

# 1 ESPÉCIES AROMÁTICAS DO CERRADO: AVALIAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO PARA SUBSIDIAR SUA CONSERVAÇÃO E USO SUSTENTÁVEL

## RESUMO

O Cerrado é um bioma com alta biodiversidade e elevado grau de endemismo, um *hotspot* mundial de biodiversidade que tem sido afetado por atividades agroeconômicas que requerem desflorestamento. Produtos florestais não madeireiros, especialmente plantas medicinais aromáticas, podem ser uma alternativa para promover desenvolvimento econômico aliado à conservação da biodiversidade do Cerrado. Nesta perspectiva, os resultados de pesquisa bibliográfica sobre 531 espécies reportadas em levantamento florístico no Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva (Paraná) são apresentados. Foi realizada revisão sistemática da literatura para identificação das espécies aromáticas e suas atividades biológicas e elencadas as informações ecológicas e agrícolas que possam subsidiar a conservação e o uso sustentável das espécies. Desafios e oportunidades na perspectiva do uso da biodiversidade do Cerrado como fonte de óleos essenciais são discutidos.

Palavras-chave: produtos florestais não madeireiros, óleos essenciais, farmacologia, plantas medicinais, novos cultivos.

## ABSTRACT

The Brazilian savannah is a biome with high biodiversity and high endemism, a world biodiversity *hotspot* which has been devastated due to agro-economic activities that require deforestation. Non-timber forest products, especially medicinal aromatic plants, can be an alternative to promoting conservation of the savannah forest biodiversity. In that perspective, the results of an analysis of 531 plant species recorded in a floristic survey at the Savannah State Park (Jaguariaíva, Parana State, Brazil) are presented. The analysis was based on a literature review regarding their indication as aromatic species, their chemotaxonomy, the scientific record of their biological activity, and availability of ecological and agricultural scientific information that could support their conservation as well as their sustainable use. Challenges and opportunities in the perspective of using savannah forest biodiversity as essential oil source are discussed.

Keywords: non-timber forest products, essential oils, pharmaceutical, medicinal plants, new crops.

## 1.1 INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado possui flora rica, com alto grau de endemismo, adaptada a altas temperaturas e longos períodos de seca. É considerado um *hotspot* de biodiversidade, a savana com maior biodiversidade no mundo (BRASIL, 2011, 2016).

As principais atividades econômicas da região causam desflorestamento nas fronteiras agrícolas, principalmente madeireiras, agricultura e pecuária. Cerca de 44% da área de Cerrado já foi desflorestada (BRASIL, 2016). Assim, é oportuno desenvolver novas atividades econômicas na região com uso racional das plantas nativas para conservação do bioma e da biodiversidade (KRISHNAKUMAR et al., 2015; SISAK et al., 2016).

Produtos florestais não madeireiros (PFNM) são uma opção para uso racional e preservação das florestas no mundo (NEGI et al., 2011; MUKUL et al., 2016). Óleos essenciais (OE) das espécies nativas são potenciais PFNM com elevado valor de mercado, que podem ser extraídos racionalmente das florestas ou de cultivos comerciais (SHANLEY et al., 2012).

Os OE são misturas complexas de metabólitos secundários de baixo peso molecular, principalmente terpenóides e fenilpropanóides (BAKKALI et al., 2008; SHAABAN et al., 2012) de grande interesse industrial, movimentando anualmente US\$ 11,67 bilhões no mundo, com intenso crescimento de 9,7% ao ano e busca constante por novos princípios ativos para inovação e desenvolvimento de produtos (GRAND VIEW RESEARCH, 2018).

O principal uso dos OE é no complexo industrial da saúde (GRAND VIEW RESEARCH, 2018). Na medicina são capazes de combater diversas disfunções, sendo utilizado como antibióticos, antivirais, anti-inflamatórios, antifúngicos, anticarcinogênicos, antioxidantes, entre outros (SHAABAN et al., 2012; BHALLA et al., 2013; NUZHAT; VIDYASAGAR, 2014; RAUT; KARUPPAYIL, 2014). Na agricultura são utilizados como elicitores, no controle de patógenos (ISMAN, 2000, 2004; ISMAN; MACHIAL, 2006; ANDRÉS et al., 2012; PAVELA; BENELLI, 2016) e na conservação dos produtos pós colheita (ANTUNES; CAVACO, 2010). Na indústria alimentícia são utilizados como flavorizantes e para conservação de alimentos (BURT, 2004). Os OE ainda são utilizados na fabricação de repelentes (OMOLO et al., 2004; SOUZA et al., 2008; NERIO et al., 2010), cosméticos

(MARTINS et al., 2014), perfumes e produtos de limpeza (AFSHAR et al., 2015; BASER; BUCHBAUER, 2015; NAVARRA et al., 2015).

A criação de uma cadeia produtiva de OE depende criticamente do conhecimento científico que dê embasamento à criação de um novo produto, à produção de matéria prima de qualidade e à prevenção da superexploração (HOMMA, 2012; BERGER, 2014).

Visando contribuir para o melhor conhecimento da biodiversidade vegetal do Cerrado como fonte de óleos essenciais, apresenta-se resultado de pesquisa bibliográfica sistemática sobre a presença de óleos essenciais, atividades biológicas e aspectos ecológicos e agrícolas das espécies presentes no Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva.

As lacunas de conhecimento, desafios e oportunidades na perspectiva do uso da biodiversidade do Cerrado como fonte de OE são discutidos.

## 1.2 MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se revisão bibliográfica sistemática com enfoque em 531 espécies vegetais reportadas por Von Linsingen et al. (2006) e Aguiar (2010) em levantamentos florísticos no Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva (1830,4 há, município de Jaguariaíva, Paraná).

O Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva é a única área expressiva de Cerrado no sul do Brasil, com altitude entre 800 e 900 metros (VON LINSINGEN et al., 2006). O clima da região, segundo Köppen (1936), é temperado (Cfb) com temperaturas medias de 22 °C no mês mais quente e acima de 10 °C nos demais meses.

As espécies estudadas representam 301 gêneros e 93 famílias, incluindo diferentes hábitos de crescimento: arbóreo (20,3%), arbustivo (8,1%), subarbustivo (15,1%), herbáceo (47,3%) e outros (9,2%).

A primeira fase da revisão visou identificar as espécies portadoras de OE, aqui chamadas espécies aromáticas, e as espécies ainda não pesquisadas que são de gêneros com espécies portadoras de OE. Estas últimas foram consideradas espécies potencialmente aromáticas, uma vez que plantas do mesmo gênero possuem alta probabilidade de serem compostas por grupos químicos similares (SANTOS et al., 2010; BHARGAVA et al., 2013).

A pesquisa por artigos revisados por pares foi realizada nas bases de dados eletrônicas Web of Science, Science Direct, SciELO, Biological Abstracts, International Pharmaceutical Abstracts, Agricultural Online Access, BioOne e SABIA com os nomes científicos como palavra-chave. Os critérios de inclusão foram: artigos que reportam extração do OE ou compostos pertencentes ao grupo químico dos OE como terpenos e fenilpropanoides. A pesquisa foi realizada em português e em inglês e não foram excluídas publicações redigidas em outras línguas. Uma investigação complementar foi realizada em bibliografia quimiotaxonômica (HEGNAUER, 1962, 1986; GOTTLIEB, 1972<sup>a</sup>, 1972b; SMITH, 1976; OLIVEIRA et al., 1991; SIMÕES et al., 2003, 2016; SOUZA et al., 2011; BHARGAVA et al., 2013; SINGH, 2016) em busca de evidências da presença de OE.

Para 71 espécies aromáticas e 107 espécies potencialmente aromáticas encontradas, foi realizada segunda fase da pesquisa, nas mesmas bases de dados, com o objetivo de elencar as atividades biológicas já reportadas. As palavras-chave utilizadas foram os nomes científicos das espécies. Os critérios de inclusão foram artigos publicados em periódico revisado por pares que relataram resultados de experimentos com evidências diretas de atividades biológicas, medidos quantitativamente e comparados a tratamento controle.

Uma terceira fase da revisão bibliográfica foi realizada para 31 espécies aromáticas com atividades biológicas reportadas, em busca de informações ecológicas e agrícolas. Os mesmos bancos de dados foram utilizados, com os nomes científicos como palavra-chave. Foram incluídos os artigos que relataram resultados de experimentação nos aspectos ecológicos e de cultivo das espécies.

Para todas as fases da pesquisa foram incluídos artigos até julho de 2017. Esta revisão sistemática incluiu, ao todo, 1398 artigos científicos.

Adicionalmente, foram verificadas as espécies utilizadas pela indústria brasileira para produção de fitoterápicos na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2018), o estado de conservação (BRASIL, 2016) e tolerância à sombra e ciclo de vida das espécies (LORENZI; MATOS, 2002; MARONI et al., 2006).

## 1.3 RESULTADOS

### 1.3.1 Espécies com óleos essenciais

Das 531 espécies estudadas, para 71 (13,4%) havia relatos de presença de OE, pertencentes a 49 gêneros e 25 famílias, 34 espécies arbóreas, 21 herbáceas, 14 arbustivas e duas lianas. Entre essas espécies, 12 foram reportadas como de uso industrial para produção de fármacos, os fitoterápicos, pela ANVISA. Em relação ao estado de conservação, a espécie *Anacardium humile* é classificada como criticamente ameaçada de extinção, *Caryocar brasiliense* como em perigo de extinção e as espécies *Duguetia furfuracea* e *Zeyheria montana* como vulneráveis à extinção (Tabela 1).

As famílias com maior diversidade de espécies com OE foram Asteraceae (14) e Myrtaceae (13) e os gêneros foram *Baccharis* (4), *Erythroxylum* (4), *Myrcia* (4), *Eugenia* (3) e *Croton* (3).

Tabela 1: Espécies aromáticas reportadas para o Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná, hábito de crescimento e número de artigos reportando óleos essenciais.

Família	Gênero	Espécie	Hábito de Crescimento	Artigos reportando óleos essenciais
Anacardiaceae	<i>Anacardium</i>	<i>A. humile</i> <sup>1</sup>	Arbóreo	3
	<i>Schinus</i>	<i>S. lentiscifolius</i>	Arbóreo	1
		<i>S. terebinthifolius</i> *	Arbóreo	6
	<i>Tapirira</i>	<i>T. guianensis</i>	Arbóreo	2
Annonaceae	<i>Annona</i>	<i>A. cacas</i>	Arbóreo	1
		<i>A. crassiflora</i>	Arbóreo	1
	<i>Duguetia</i>	<i>D. lanceolata</i>	Arbóreo	2
		<i>D. furfuracea</i> <sup>3</sup>	Arbóreo	2
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia</i>	<i>A. chamissonis</i>	Herbáceo	1
Asteraceae	<i>Achyrocline</i>	<i>A. satureioides</i> *	Herbáceo	2
		<i>B. dracunculifolia</i>	Arbustivo	19
	<i>Baccharis</i>	<i>B. coridifolia</i>	Arbustivo	3
		<i>B. myricifolia</i>	Arbustivo	1
		<i>B. trimera</i> *	Subarbustivo	11
	<i>Bidens</i>	<i>B. pilosa</i> *	Herbáceo	2
	<i>Calea</i>	<i>C. hispida</i>	Herbáceo	1
	<i>Chromolaena</i>	<i>C. laevigata</i>	Herbáceo	1
	<i>Elephantopus</i>	<i>E. mollis</i> *	Herbáceo	6
	<i>Gochnatia</i>	<i>G. paniculata</i>	Arbustivo	1
	<i>Grazielia</i>	<i>G. intermedia</i>	Subarbustivo	1
	<i>Melampodium</i>	<i>M. divaricatum</i>	Herbáceo	5
	<i>Senecio</i>	<i>S. brasiliensis</i>	Herbáceo	2
	<i>Solidago</i>	<i>S. chilensis</i> *	Herbáceo	7
Bignoniaceae	<i>Jacaranda</i>	<i>J. oxyphylla</i> *	Arbóreo	1
	<i>Pyrostegia</i>	<i>P. venusta</i>	Liana	3
	<i>Zeyheria</i>	<i>Z. montana</i> <sup>3</sup>	Subarbustivo	2

Continua...

Familia	Gênero	Espécie	Hábito de Crescimento	Artigos reportando óleos essenciais
Caesalpiniaceae	<i>Copaifera</i>	<i>C. langsdorffii</i> *	Arbóreo	6
Caryocaraceae	<i>Caryocar</i>	<i>C. brasiliense</i> <sup>2</sup>	Arbóreo	4
Clusiaceae	<i>Clusia</i>	<i>C. parviflora</i>	Arbóreo	1
Cyperaceae	<i>Kyllinga</i>	<i>K. odorata</i>	Herbáceo	1
	<i>Scleria</i>	<i>S. hirtella</i>	Herbáceo	1
		<i>E. cuneifolium</i>	Subarbustivo	1
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i>	<i>E. deciduum</i>	Subarbustivo	1
		<i>E. microphyllum</i>	Subarbustivo	1
		<i>E. suberosum</i>	Subarbustivo	2
		<i>C. antisiphiliticus</i>	Herbáceo	2
Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>C. floribundus</i>	Arbóreo	2
		<i>C. glandulosus</i>	Herbáceo	2
		<i>P. niruri</i> *	Herbáceo	1
Fabaceae	<i>Rhynchosia</i>	<i>R. minima</i>	Herbáceo	1
Gesneriaceae	<i>Sinningia</i>	<i>S. allagophylla</i>	Herbáceo	2
		<i>S. canescens</i>	Herbáceo	1
Hypericaceae	<i>Hypericum</i>	<i>H. brasiliense</i>	Herbáceo	6
Lauraceae	<i>Ocotea</i>	<i>O. corymbosa</i>	Arbóreo	2
		<i>O. pulchella</i>	Arbóreo	1
		<i>P. major</i>	Arbóreo	2
Malpighiaceae	<i>Byrsonima</i>	<i>B. crassifolia</i>	Arbóreo	3
Meliaceae	<i>Cabralea</i>	<i>C. canjerana</i>	Arbóreo	1
	<i>Guarea</i>	<i>G. macrophylla</i>	Arbóreo	10
Myrtaceae	<i>Calypttranthes</i>	<i>C. concinna</i>	Arbóreo	1
	<i>Campomanesia</i>	<i>C. adamantium</i>	Arbustivo	7
		<i>C. pubescens</i>	Arbustivo	6
		<i>E. arenosa</i>	Arbóreo	1
	<i>Eugenia</i>	<i>E. pitanga</i>	Arbóreo	1
		<i>E. pyriformis</i>	Arbóreo	3
		<i>M. alpigena</i>	Arbustivo	1
	<i>Myrceugenia</i>	<i>M. myrcioides</i>	Arbóreo	2
		<i>M. arborescens</i>	Arbóreo	1
		<i>M. laruoiteana</i>	Arbóreo	2
		<i>M. obtecta</i>	Arbóreo	2
		<i>M. rostrata</i>	Arbóreo	1
		<i>G. sellowiana</i>	Arbóreo	1
Passifloraceae	<i>Passiflora</i>	<i>P. edulis</i> *	Liana	4
Polygonaceae	<i>Polygonum</i>	<i>P. punctatum</i> *	Herbáceo	1
Primulaceae	<i>Myrsine</i>	<i>M. coriacea</i>	Arbóreo	1
Poaceae	<i>Elyonurus</i>	<i>E. muticus</i>	Gramíneo	3
Salicaceae	<i>Casearia</i>	<i>C. decandra</i>	Arbóreo	2
		<i>C. sylvestris</i> *	Arbóreo	16
Verbenaceae	<i>Vitex</i>	<i>V. megapotamica</i>	Arbóreo	1
		<i>V. polygama</i>	Arbóreo	1
	<i>Lippia</i>	<i>L. lupulina</i>	Herbáceo	1

\* Utilizado para produção de fármacos (ANVISA, 2018). Status de Conservação: <sup>1</sup>Criticamente em Perigo. <sup>2</sup>Em perigo. <sup>3</sup>Vulnerável (BRASIL, 2016).

Registrou-se média de 2,81±3,31 (mínimo=1; máximo=19, n=71 espécies) artigos quanto à presença ou composição de OE por espécie. As espécies com maior número de publicações sobre OE foram *Baccharis dracunculifolia* (19),



*Casearia sylvestris* (16), *Guarea macrophylla* (10), *Baccharis trimera* (9), *Solidago chilensis* (7) e *Campomanesia adamantium* (7).

Outras 107 espécies (incluídas em 61 gêneros e 30 famílias) foram consideradas como potencialmente aromáticas, embora não tenha sido identificado estudo científico específico sobre a presença ou composição de OE, sendo assim classificadas a partir da análise quimiotaxonômica do gênero. Entre estas, *Annona dioica* e *Mandevilla coccinea* são classificadas como vulneráveis à extinção (Tabela 2).

Tabela 2: Espécies potencialmente aromáticas reportadas para o Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná.

Familia	Gênero	Espécie	Família	Gênero	Espécie
Annonaceae	<i>Annona</i>	<i>A. cornifolia</i>	Fabaceae	<i>Eriosema</i>	<i>E. campestre</i>
		<i>A. dioica</i> <sup>1</sup>			<i>E. crinitum</i>
	<i>Guatteria</i>	<i>G. australis</i>		<i>E. heterophyllum</i>	
	<i>Rollinia</i>	<i>R. emarginata</i>		<i>E. obovatum</i>	
Apiaceae	<i>Eryngium</i>	<i>E. junceum</i>		<i>Lupinus</i>	<i>L. guaraniticus</i>
		<i>E. ebracteatum</i>			<i>L. sellowianus</i>
		<i>E. elegans</i>			<i>Zornia</i>
		<i>E. horridum</i>			
Apocynaceae	<i>Aspidosperma</i>	<i>A. tomentosum</i>	Gesneriaceae	<i>Sinningia</i>	<i>S. elatior</i>
	<i>Macrosiphonia</i>	<i>M. viresces</i>	Hypericaceae	<i>Hypericum</i>	<i>H. teretiusculum</i>
		<i>M. coccinea</i> <sup>1</sup>	Juncaceae	<i>Juncus</i>	<i>J. microcephalus</i>
	<i>Mandevilla</i>	<i>M. ilustris</i>		<i>Eriope</i>	<i>E. macrostachya</i>
		<i>M. velutina</i>		<i>Hypenia</i>	<i>H. glauca</i>
Arecaceae	<i>Butia</i>	<i>B. microspadix</i>	Lamiaceae	<i>Hyptis</i>	<i>H. caespitosa</i>
	<i>Aspilia</i>	<i>A. montevidensis</i>		<i>Peltodon</i>	<i>P. rugosus</i>
		<i>C. cuneifolia</i>			<i>P. tomentosa</i>
		<i>C. cymosa</i>		<i>Salvia</i>	<i>S. minarum</i>
Asteraceae	<i>Calea</i>	<i>C. longifolia</i>		<i>Cinnamomum</i>	<i>C. sellowianum</i>
		<i>C. monocephala</i>	Lauraceae	<i>Ocotea</i>	<i>O. silvestres</i>
		<i>C. parvifolia</i>			<i>O. tristes</i>
		<i>Chrysolaena</i>		<i>Persea</i>	<i>P. alba</i>
	<i>Gochnatia</i>			<i>P. venosa</i>	
	<i>Grazielia</i>	<i>G. multifida</i>	Malpighiaceae	<i>Byrsonima</i>	<i>B. brachybotrya</i>
		<i>P. alopecuroides</i>			<i>B. coccolobifolia</i>
	<i>Pterocaulon</i>	<i>P. angustifolium</i>			<i>B. intermedia</i>
		<i>P. rugosum</i>		<i>Eugenia</i>	<i>E. bimarginata</i>
		<i>Stevia</i>	<i>S. clausenii</i>		<i>E. suberosa</i>
	<i>Vernonanthura</i>	<i>V. crassa</i>	Myrtaceae		<i>M. breviramis</i>
Bignoniaceae	<i>Jacaranda</i>	<i>J. micrantha</i>			<i>M. castrenses</i>
Caesalpiniaceae	<i>Bauhinia</i>	<i>B. holophylla</i>		<i>Myrcia</i>	<i>M. multiflora</i>
Celastraceae	<i>Maytenus</i>	<i>M. evonymoides</i>			<i>M. palustres</i>
		<i>M. robusta</i>		<i>M. venulosa</i>	

Continua...



Continuação...					
Família	Gênero	Espécie	Família	Gênero	Espécie
Clusiaceae	<i>Kielmeyera</i>	<i>K. coriacea</i>	Myrtaceae	<i>Myrciaria</i>	<i>M. cuspidata</i>
		<i>K. paranaenses</i>			<i>P. australe</i>
		<i>K. variabilis</i>		<i>Psidium</i>	<i>P. cinereum</i>
Convolvulaceae	<i>Evolvulus</i>	<i>E. sericeus</i>			<i>P. glaucescens</i>
	<i>Ipomoea</i>	<i>I. delphinioides</i>			<i>P. multiflorum</i>
Convolvulaceae	<i>Merremia</i>	<i>M. digitata</i>	Primulaceae	<i>Myrsine</i>	<i>M. guianensis</i>
		<i>M. macrocalyx</i>			<i>M. lancifolia</i>
Cyperaceae	<i>Cyperus</i>	<i>C. ferax</i>			<i>M. umbellata</i>
		<i>C. odoratus</i>			<i>M. monticola</i>
		<i>C. megapotamicus</i>	Passifloraceae	<i>Passiflora</i>	<i>P. villosa</i>
		<i>Eleocharis</i>	Poaceae	<i>Saccharum</i>	<i>S. asperum</i>
		<i>Fimbristylis</i>	Polygonaceae	<i>Polygonum</i>	<i>P. persicaria</i>
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i>	<i>S. latifolia</i>	Rosaceae	<i>Prunus</i>	<i>P. myrtifolia</i>
		<i>E. campestre</i>			<i>P. sellowii</i>
		<i>A. triplinervia</i>	Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>S. argenteum</i>
Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>C. celtidifolius</i>			<i>S. lacerdae</i>
		<i>C. migrans</i>			<i>S. lycocarpum</i>
	<i>Julocroton</i>	<i>J. humilis</i>	Styracaceae	<i>Styrax</i>	<i>S. ferrugineus</i>
Fabaceae	<i>Dalbergia</i>	<i>D. brasiliensis</i>			<i>S. leprosus</i>
		<i>D. miscolobium</i>	Verbenaceae	<i>Lippia</i>	<i>L. obscura</i>
	<i>Eriosema</i>	<i>E. longifolium</i>		<i>Verbena</i>	<i>V. hirta</i>

<sup>1</sup>Status de Conservação: Vulnerável (BRASIL, 2016).

### 1.3.2 Atividades biológicas

Considerando o conjunto de 71 espécies aromáticas e 107 espécies potencialmente aromáticas, foram identificados artigos relatando atividade biológica associada à composição química para 79 (44,4%) espécies. Essas pesquisas revelaram uma variedade de aplicações medicinais e agronômicas associadas ao extrato vegetal e aos OE das espécies (Tabela 3).

Foram encontrados 819 artigos sobre atividade biológica de extratos de 75 espécies e 106 artigos sobre atividade biológica de OE de 33 espécies. Média de 11,7±13,9 (mínimo=1; máximo=61) por planta.

As atividades biológicas em destaque foram antioxidante (132 estudos e 39 espécies), anticarcinogênico (117 estudos e 48 espécies) e antibacteriano (95 estudos e 47 espécies). Em média, foram reportados 19,7±30,4 (mínimo=1; máximo=132) estudos e 9,8±12,8 (mínimo=1; máximo=48) espécies para cada atividade biológica.



Para 53,1% das espécies foi encontrado apenas uma atividade biológica, entretanto, algumas espécies mostraram-se generalistas, como *Casearia sylvestris*, com 22 distintas atividades biológicas registradas.

Os maiores destaques pela maior quantidade de estudos científicos encontrados foram na atividade antioxidante de *C. brasiliense*, *B. crassifolia*, *P. edulis*, *A. crassiflora*, *B. pilosa*, *P. niruri* e *B. trimera*, atividade anticarcinogênica de *C. sylvestris*, *S. lycocarpum*, *E. mollis*, *B. dracunculifolia*, *C. brasiliense* e *P. niruri*, atividade ansiolítica de *P. edulis* e *K. coriacea*, atividade antibacteriana de *B. dracunculifolia*, *B. pilosa*, *S. terebinthifolius* e *B. trimera*, atividade anti-inflamatória de *P. edulis*, *S. chilensis* e *B. crassifolia*, atividade anti-edematogênica de *C. sylvestris*, atividade hepatoprotetora de *P. niruri* e atividade inseticida de *S. terebinthifolius*, *C. canjerana* e *A. humile*. Em relação a atividade biológica específica de OE, observou-se especialmente atividade anticarcinogênica de *C. sylvestris* e *E. mollis*, antibacteriana de *B. dracunculifolia* e inseticida de *S. terebinthifolius*.

Das 71 plantas aromáticas estudadas, para 24 não haviam quaisquer estudos sobre atividades biológicas (Tabela 4).

Tabela 4: Espécies aromáticas ainda não pesquisadas sobre atividades biológicas. Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná.

Família	Gênero	Espécie	Família	Gênero	Espécie
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia</i>	<i>A. chamissonis</i>	Gesneriaceae	<i>Sinningia</i>	<i>S. canescens</i>
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>B. myricifolia</i>	Lauraceae	<i>Ocotea</i>	<i>O. corymbosa</i>
	<i>Calea</i>	<i>C. hispida</i>			<i>O. pulchella</i>
	<i>Gochnatia</i>	<i>G. paniculata</i>	Meliaceae	<i>Guarea</i>	<i>G. macrophylla</i>
	<i>Grazielia</i>	<i>G. intermedia</i>		<i>Calyptanthus</i>	<i>C. concinna</i>
Bignoniaceae	<i>Jacaranda</i>	<i>J. oxyphylla</i>	Myrtaceae	<i>Eugenia</i>	<i>E. arenosa</i>
Clusiaceae	<i>Clusia</i>	<i>C. parviflora</i>		<i>Gomidesia</i>	<i>G. sellowiana</i>
Cyperaceae	<i>Kyllinga</i>	<i>K. odorata</i>		<i>Myrceugenia</i>	<i>M. alpigena</i>
	<i>Scleria</i>	<i>S. hirtella</i>		<i>Myrcia</i>	<i>M. arborescens</i>
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i>	<i>E. deciduum</i>			<i>M. rostrata</i>
		<i>E. microphyllum</i>	Primulaceae	<i>Myrsine</i>	<i>M. coriacea</i>
Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>C. glandulosus</i>	Verbenaceae	<i>Lippia</i>	<i>L. lupulina</i>

### 1.3.3 Aspectos ecológicos e agrícolas

Foram encontrados 173 artigos acerca dos conhecimentos ecológicos e agrônômicos que poderiam embasar o extrativismo racional ou o cultivo das espécies aromáticas com atividades biológicas reportadas (Tabela 5).

Tabela 5: Número de artigos sobre ecologia e cultivo de espécies medicinais aromáticas do Parque Estadual do Cerrado de Jaguariáia.

Espécies	PO	RE	DI	FE	PR	NU	PL	DE	HI	RA	BI	PA	CO	PC	ME	Hábito	TS	CV
<i>Achyrocline satureioides</i> *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Herbácea	Baixa	Curto
<i>Anacardium humile</i>	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Subarbutivo	Média	Médio
<i>Annona cacans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Arbóreo	Média	Médio
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	1	1	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Subarbutivo	Baixa	Curto
<i>Baccharis trimera</i> *	1	-	-	2	2	-	-	-	-	2	1	-	-	2	-	Subarbutivo	Baixa	Curto
<i>Bidens pilosa</i> *	2	-	-	-	4	4	-	4	2	2	-	-	-	-	-	Herbácea	Baixa	Curto
<i>Byrsonima crassifolia</i>	5	-	-	3	11	3	1	3	2	-	-	1	-	1	-	Subarbutivo	Média	Médio
<i>Campomanesia adamantium</i>	-	-	-	-	3	2	-	-	-	1	-	-	-	1	-	Arbutivo	Alta	Médio
<i>Campomanesia pubescens</i>	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	Subarbutivo	Média	Médio
<i>Casearia decandra</i>	5	-	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Arbóreo	Alta	Médio
<i>Casearia sylvestris</i> *	13	1	1	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	Arbóreo	Alta	Médio
<i>Chromolaena laevigata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Herbácea	Baixa	Curto
<i>Copaifera langsdorffii</i> *	14	-	-	1	6	4	-	4	1	2	-	-	-	-	-	Arbóreo	Média	Long
<i>Croton antisiphiliticus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Herbácea	Baixa	Médio
<i>Croton floribundus</i>	2	-	-	1	2	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	Arbóreo	Média	Médio
<i>Duguetia lanceolata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Arbóreo	Alta	Long
<i>Elephantopus mollis</i> *	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Herbácea	Baixa	Curto
<i>Elyonurus muticus</i>	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Gramínea	Baixa	Curto
<i>Erythroxylum suberosum</i>	4	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Arbutivo	Baixa	Long
<i>Eugenia pyrifomis</i>	-	-	-	1	9	1	-	1	1	-	-	1	-	-	-	Arbutivo	Média	Médio
<i>Hypericum brasiliense</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	Herbácea	Baixa	Curto
<i>Melampodium divaricatum</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Herbácea	Baixa	Curto
<i>Myrcogenia myrcioides</i>	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Arbóreo	Média	Médio
<i>Myrcia laruotteana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Arbóreo	Alta	Long
<i>Persea major</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Arbutivo	Alta	Long
<i>Phyllanthus niruri</i> *	-	-	-	-	2	1	1	2	-	-	-	-	1	1	-	Herbácea	Baixa	Curto
<i>Rhynchosia minima</i>	-	-	-	-	2	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	Herbácea	Baixa	Curto
<i>Schinus terebinthifolius</i> *	3	-	1	2	8	12	2	6	2	2	-	-	-	1	1	Arbóreo	Média	Médio
<i>Sinningia allagophylla</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Herbácea	Baixa	Long
<i>Solidago chilensis</i> *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Herbácea	Baixa	Curto
<i>Vitex megapotamica</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	Arbóreo	Alta	Long
Total	52	6	8	12	58	35	4	24	10	10	1	2	1	7	1			

\*Utilizado pela indústria para produção de fármacos (ANVISA, 2018). PO - População natural, RE - Regeneração natural, DI - Distribuição e ocorrência geográfica, FE - Fenologia, PR - Propagação, NU - Nutrição, PL - Plantio, DE - Desenvolvimento vegetativo, HI - Demanda hídrica, RA - Radiação solar, BI - Bioestimulantes, PA - Patologia, CO - Colheita, PC - Pós-colheita, ME - Melhoramento genético, TS - Tolerância ao sombreamento, CV – Ciclo de vida.

Encontrou-se média de  $5,6 \pm 8$  artigos por espécie, sendo que para 29% (9) não havia qualquer artigo. Os temas população natural, nutrição e desenvolvimento somavam 64,2% dos artigos.

## 1.4 DISCUSSÃO

A grande diversidade de espécies identificadas como aromáticas e com indicações de atividades biológicas encontradas no Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva infere a potencialidade deste *hotspot* de biodiversidade ser traduzido em desenvolvimento social, econômico e ambiental. Identificou-se ampla gama de oportunidades, desde novos cultivos, produtos potenciais para indústria até lacunas de conhecimento potenciais para pesquisa científica e desenvolvimento.

### 1.4.1 Potencial de uso da biodiversidade

Os medicamentos de origem vegetal são importantes para medicina e estão em ascensão com a exploração da biodiversidade para o descobrimento de novas moléculas (RODRIGUES; CARLINI, 2002; CALIXTO, 2003; FUNARI; FERRO, 2005; ATANASOV et al., 2015; BERLINCK et al., 2017;). Metade dos medicamentos desenvolvidos no mundo entre 1981 e 2010 eram de origem vegetal e, como apenas pequena parte da biodiversidade mundial foi explorada acerca de seu potencial medicinal, esta proporção pode aumentar (SCHMITT et al., 2011; NEWMAN; CRAGG, 2012; DAVID et al., 2015;).

As moléculas de fontes naturais, frutos dos metabólitos secundários, são responsáveis por mais da metade dos produtos ligados ao tratamento de doenças como câncer, servem como moldes para o desenvolvimento de medicamentos sintéticos e são as únicas fontes de medicamento para uma série de doenças (VEERESHAM, 2012; LAHLOU, 2013). Há pesquisas avançadas para o uso de *Casearia sylvestris* no combate à leishmaniose, por exemplo, uma doença negligenciada, de tratamento tradicional ineficiente e com elevados efeitos colaterais (ANTINARELLI et al., 2015).

As atividades medicinais mais encontradas para as plantas deste estudo, como ação contra fungos e bactérias, anticarcinogênico, antioxidante, anti-inflamatório e antiulcerogênico, são as mais pesquisadas pela indústria

farmacêutica mundial (BHALLA et al., 2013; DANIEL, 2016), o que sinaliza o potencial do uso destas plantas como fonte de novas moléculas para o setor.

Por outro lado, as plantas observadas com atividades biológicas menos comuns, como antihiperuricêmico, rejuvenescedor cutâneo, hepatoprotetor, controle de Alzheimer e vitiligo, contraceptivo, anticoagulante e efeito sobre o sistema nervoso central remetem à possibilidade de uso como fonte de recursos medicinais inovadores em setores carentes de princípios ativos (VEERESHAM, 2012).

A presença de 12 das espécies estudadas em medicamentos produzidos e comercializados pela indústria farmacêutica brasileira corrobora o potencial destas espécies como fontes de medicamentos.

Além do uso medicinal via medicamentos industriais, há espécies potenciais para uso popular, principalmente as que apresentam diversas atividades biológicas, podendo ser fonte de tratamento alternativo de várias disfunções como ocorre no mundo com algumas plantas generalistas, utilizadas para diversos fins como *Zingiber officinale* Roscoe, *Matricaria chamomilla* L., *Aloe vera* (L.) Burm. f., *Melissa officinalis* L., *Valeriana officinalis* L., *Humulus lupulus* L., *Cynara cardunculus* L., *Mentha* sp. L. e *Allium sativum* L. (PETROVSKA, 2012; WYK; WINK, 2017)

Pôde-se observar, também, a possibilidade de uso de produtos da biodiversidade na agricultura. O alto rendimento dos cultivos agrícolas depende de diversos produtos no combate à pragas e doenças, entretanto, há forte pressão de substituição destes produtos por compostos naturais, menos agressivos à saúde humana e ao ambiente o que ocasiona uma corrida pela descoberta de produtos naturais com atividades como inseticida e antifúngico (MARTÍNEZ-ROMERO et al., 2008; DAYAN et al., 2009; BOULOGNE et al., 2012). Um exemplo recente no Brasil foi o registro do produto Tirolex Gold® pela empresa Stockton Agrimor do Brasil Ltda como fungicida e bactericida de composição exclusiva de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. (BRASIL, 2019).

A atividade inseticida é das mais pesquisadas no mundo, ainda com poucos produtos comerciais desenvolvidos, considerada de grande importância agrícola, ambiental e de saúde pública (CARLINI; GROSSI-DE-SÁ, 2002; PAVELA, 2007, 2016; MAIA; MOORE, 2011). No presente trabalho pode-se

observar 26 espécies com atividade inseticida, potenciais para desenvolvimento de produtos comerciais, como *Schinus terebinthifolius* e *Cabralea canjerana*. Em relação à atividade fungicida, destacou-se o óleo essencial de *Baccharis dracunculifolia*.

No ramo de cosméticos, nicho de mercado que possui destaque no consumo de produtos especiais, OE e na exploração da biodiversidade como fonte de novas moléculas (LUBBE; VERPOORTE, 2011), destacam-se *Schinus terebinthifolius*, *Casearia sylvestris* e *Solanum lycocarpum*.

#### 1.4.2 Oportunidades de pesquisas inovadoras e de impacto

A diversidade de espécies aromáticas encontradas neste estudo, distribuídas em várias famílias e gêneros, com as mais distintas composições químicas, é um forte indício do potencial do uso da biodiversidade como fonte de novos produtos e novas culturas. Entretanto, para consolidar este potencial é necessário pesquisa e desenvolvimento.

##### 2.4.2.1 Novas espécies aromáticas

Além da diversidade de espécies já identificadas com óleos essenciais, é possível descobrir novas espécies aromáticas ainda não pesquisadas através da quimiotaxinomia, importante ferramenta para exploração e conservação de espécies medicinais de interesse industrial (MISRA; SRIVASTAVA, 2016; SINGH; GEETANJALI, 2018).

O trabalho interdisciplinar de coleta, extração e caracterização dos OE é geralmente chamado de bioprospecção e pode ser, assim, auxiliado pela quimiotaxonomia com a indicação das espécies potenciais dentro da vasta biodiversidade ainda não explorada, sendo uma estratégia importante para pesquisas inovadoras (MACIEL et al., 2002; PINTO et al., 2003; SOUZA et al., 2008; RAUT; KARUPPAYIL, 2014). Como espécies do mesmo gênero tendem a ter composição química semelhante, as espécies de gêneros que contém plantas aromáticas tem alta probabilidade de conter OE e podem ser preferenciais no processo de bioprospecção (BHARGAVA et al., 2013; SANTOS et al., 2010).

Neste sentido, as 107 espécies potencialmente aromáticas (Tabela 2) para as quais não foram encontrados relatos de pesquisas sobre presença e



composição de OE podem ser parte de um grande campo para pesquisas inovadoras nas áreas de fitoquímica, farmacologia, ecologia e fitotecnia.

Espécies como *Ocotea silvestris* e *Ocotea tristis*, por exemplo, para as quais não há relatos de avaliação da presença de OE, são classificadas em gênero tradicionalmente aromático e muito utilizado comercialmente (TAKAKU et al., 2007; SALLEH; AHMAD, 2017). O mesmo ocorre para as plantas dos gêneros *Persea* (SCORA; SCORA, 2000), *Eugenia* (APEL et al., 2004), *Myrcia* (HENRIQUES et al., 1997; ZOGHBI et al., 2002; LIMBERGER et al., 2004; BORGES et al., 2014), *Psidium* (SANTOS et al., 1999) e *Lippia* (CRAVEIRO et al., 1981; TERBLANCHÉ; KORNELIUS, 1996; ESCOBAR et al., 2010).

#### 2.4.2.1 Novos fármacos

A extensa biodiversidade existente na savana brasileira e a carência de informação sobre as atividades biológicas dos extratos e OE das espécies contempladas neste estudo inferem ampla lacuna de conhecimento, oportunidade e necessidade de pesquisas farmacológicas.

Neste sentido, a modelagem molecular é uma ferramenta que possibilita presumir as atividades biológicas dos metabólitos secundários segundo sua estrutura química, indicando os rumos das pesquisas referentes ao uso destes compostos, como o desenvolvimento de medicamentos (CARVALHO et al., 2003; SANT'ANNA, 2009; VEERESHAM, 2012; BARREIRO; FRAGA, 2014; VIEIRA et al., 2016). É um caminho possível para avançar rapidamente e de forma abrangente no entendimento do potencial de uso inovador destas espécies a partir da sua composição química (HARVEY, 2000), entretanto, não havia nenhum artigo para as espécies deste estudo utilizando tal ferramenta.

A composição do óleo essencial das espécies *Ocotea corymbosa* e *Ocotea pulchella*, por exemplo, foram determinadas há décadas (BOTEGA et al., 1993; CHAVEZ et al., 1995; BATISTA et al., 2010) e, entretanto, ainda não há estudos sobre atividades biológicas, mesmo sendo de família (Lauraceae) e gênero tradicionalmente utilizados no mundo como condimentar e medicinal (SALLEH et al., 2016; SALLEH; AHMAD, 2017), como a espécie *Ocotea odorífera* (Vell.) Rohwer, ameaçada de extinção pela superexploração (OLIVEIRA et al., 2012; GONTIJO et al., 2017).

#### 2.4.2.1 Técnicas de cultivo

Para o desenvolvimento de um produto ou medicamento a partir do descobrimento de uma atividade biológica de extrato vegetal, há grande demanda de pesquisas (HARVEY, 2000; ATANASOV et al., 2015; BERLINCK et al., 2017). Todavia, o principal entrave para o desenvolvimento de fitoterápicos e uma cadeia produtiva na indústria de fitoterápicos no Brasil é a falta de matéria prima de qualidade (BERGER, 2014).

A matéria prima pode ser oriunda de cultivo agrícola ou extrativismo (HOMMA, 2012). No Brasil, assim como em muitos países em desenvolvimento, a obtenção da matéria prima é majoritariamente extrativismo desordenado, o que não atende à qualidade e quantidade exigidas pela indústria (CORRÊA JÚNIOR et al., 2004; BRASIL, 2006; LUBBE; VERPOORTE, 2011; OLIVEIRA; ROPKE, 2016) e pode causar superexploração e extinção das espécies de interesse (HOMMA, 2012; VERMA et al., 2012; WILLIAMS et al., 2013).

Algumas espécies aromáticas medicinais já são apontadas com urgência para criação de bancos de germoplasma visando a conservação do patrimônio genético nacional em detrimento da superexploração, como o caso das espécies *Aniba rosaeodora* Ducke, *Croton cajucara* Benth., *Croton zehntneri* Pax & K. Hoffm., *Cyperus articulatus* L., *O. odorifera*, *Piper hispidinervum* C. DC., *Lippia sidoides* Cham., *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish, *Mikania glomerata* Spreng., *Bauhinia forficata* Link e *Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes, além das espécies contidas neste estudo *A. satereioides*, *B. trimera*, *C. brasiliensis*, *C. langsdorffi*, *M. velutina* e *P. niruri*, sendo a maioria do Cerrado (VIEIRA, 1999; VIEIRA et al., 2010).

Para a produção de matéria prima de qualidade, são necessários estudos acerca das características ecológicas e agrícolas e o desenvolvimento de tecnologia para o adequado cultivo e exploração racional destas espécies, visando a produção de biomassa e as características químicas de interesse, informações atualmente quase inexistentes para a maioria das espécies nativas de interesse medicinal industrial (CORRÊA JÚNIOR et al., 2004; BRASIL, 2006; HOMMA, 2008; OLIVEIRA; ROPKE, 2016).

A pequena quantidade de artigos nos temas ecologia e cultivo encontrados nesta pesquisa bibliográfica evidencia a escassez de conhecimento que viabilize o desenvolvimento de uma cadeia comercial de fitoterápicos. A

maioria dos artigos encontrados eram imbuídos de interesse condimentar, frutífero e controle de plantas daninhas, o que corrobora a negligência na pesquisa das espécies medicinais nativas com enfoque no uso fitoterápico.

Para a espécie *E. mollis*, por exemplo, foram encontrados 17 artigos científicos evidenciando atividade anticarcinogênica do óleo essencial (LEE et al., 1973, 1975; MCPHAIL et al., 1974; TABOPDA et al., 2007; TABOPDA et al., 2008), além de sete pedidos de patente no European Patent Office para uso medicinal (KONDO et al., 2000; UMISHIO et al., 2006; MEDEIROS et al., 2008; HOU et al., 2012; LI et al., 2016a, 2016b) e não há quaisquer estudos acerca de suas características ecológicas e formas de cultivo que possam embasar a criação de um produto comercial e ou estabelecimento de pesquisas.

Como havia medicamentos desenvolvidos com 12 das espécies aromáticas identificadas no presente estudo, pode-se inferir que há demanda de matéria prima de tais plantas para indústria farmacêutica, além do comércio em feiras tradicionais. Esta demanda associada à falta de informações sobre ecologia e cultivo, como para *S. chilensis* por exemplo, pressupõe que a matéria prima é coletada na natureza, sem padronização para indústria farmacêutica e possivelmente causa superexploração. Iniciativas de levantamento de dados do governo local ressaltam a inexistência do cultivo destas espécies (CORRÊA JÚNIOR et al., 2004, 2006, 2014).

Havia espécies herbais, de ciclo rápido, exigentes em radiação solar que podem ser cultivadas rapidamente, como *S. chilensis* e *B. trimera*. Estas características permitem acelerado desenvolvimento de tecnologia de produção da matéria prima destas novas culturas (DUC et al., 2015; KARELAKIS; TSANTOPOULOS, 2017; ØSTERBERG et al., 2017).

Outras espécies, arbóreas, de desenvolvimento lento e de sub-bosque como *C. sylvestris* e *M. laruotteana* demandam longo período de pesquisas para o desenvolvimento de tecnologia de produção (DEHAAN et al., 2005; TAN; SWAIN, 2006; ØSTERBERG et al., 2017), entretanto são mais tolerantes ao sombreamento e podem ser cultivadas em sistema agroflorestal (DAWSON et al., 2014; SHACKLETON; PANDEY, 2014; ANDERSEN, 2015; KUYAH et al., 2017).

Ambos grupos de espécies apresentam-se espontaneamente em ambientes naturais e constituem-se como PFNM, podendo ser explorados

racionalmente, por meio de cultivo ou enriquecimento da espécie de interesse na floresta e extrativismo racional, possibilitando a consolidação do uso da biodiversidade para o desenvolvimento econômico de forma ambientalmente sustentável (BELCHER, 2005; DAWSON et al., 2014; SHACKLETON; PANDEY, 2014; MARQUES; HANAZAKI, 2016).

A exploração de PFM como fonte de matéria prima para indústria farmacêutica é uma forma de desenvolvimento econômico mantendo a floresta nativa, manejando-a e até mesmo replantando áreas desmatadas no intuito de obter os produtos dela proveniente (NEPSTAD; SCHWARTZMAN, 1992; DAWSON et al., 2014).

Uma importante característica sobre a produção de plantas medicinais para indústria farmacêutica no Brasil é a exigência da ANVISA da ausência de resíduos de agrotóxicos, o que remete a sistemas orgânicos de produção das matérias primas (BRASIL, 2014).

As formas complexas de cultivo, ainda não padronizados, com grande demanda de mão de obra, aliadas às exigências de qualidade, assinalam a possibilidade de vinculação da agricultura familiar como principal produtora destas matérias primas (BÔAS et al., 2007; THOMAS et al., 2009; TRENTO FILHO et al., 2010; CEOLIN et al., 2011; SOUZA et al., 2012; VIEIRA, 2012; CASTRO; ALBIERO, 2016; WYK; WINK, 2017). No Brasil, as plantas medicinais são tradicionalmente produzidas por agricultores familiares (CORRÊA JÚNIOR et al., 2004, 2014).

#### 1.4.3 Desafios e oportunidades de desenvolvimento social, econômico e ambiental

No âmbito microeconômico, o setor de fitoterápicos contempla uma cadeia produtiva, desde a produção de insumos agrícolas, capacitação pessoal, cultivo, extração, beneficiamento, transporte e a transformação industrial (YUNES et al., 2001; BÔAS et al., 2007; CORREA; ALVES, 2008; KLEIN et al., 2010). Desta forma, observa-se oportunidade para desenvolvimento regional, geração de renda para agricultura familiar através da criação de arranjos locais de produção, aliado à conservação ambiental, sendo uma alternativa à agricultura convencional.

Além disso, por se tratar de produtos de alto valor agregado e maior nível tecnológico envolvido quando comparado aos setores convencionais da agropecuária, pode atuar na mudança do patamar tecnológico local com a incorporação de mão de obra mais qualificada aliada a melhorias educacionais (FUNARI; FERRO, 2005; MACEDO; GEMAL, 2009).

Entretanto, para aproveitar esta janela de oportunidades é necessário o desenvolvimento de políticas públicas, fomento à pesquisa e desenvolvimento de novos fitoterápicos e à produção da matéria prima, crédito e assistência técnica aos produtores (YUNES et al., 2001; BRANDÃO et al., 2006; BÔAS et al., 2007; CASTRO; ALBIERO, 2016; BERLINCK et al., 2017).

No Brasil, o distanciamento da academia com a indústria e agricultores (YUNES et al., 2001; SIMÕES; SCHENKEL, 2002), a falta de técnicas adequadas de cultivo das plantas medicinais e a ausência de crédito para o setor (CORREA; ALVES, 2008) têm sido os principais entraves para o desenvolvimento da indústria de fitoterápicos e toda cadeia comercial atrelada.

Na macroeconomia, o aproveitamento da biodiversidade vegetal como fonte de fitofármacos pode ser uma alternativa a corrigir desequilíbrios comerciais importantes (SIMÕES; SCHENKEL, 2002; BÔAS et al., 2007; COSTA; NUNEZ, 2017).

O complexo industrial da saúde é um dos setores industriais mais importantes no mundo e tem um forte impacto macroeconômico, sendo que em 2014 o total de suas receitas ultrapassou um trilhão de dólares (STATISTA, 2017). O Brasil ocupa a 8ª posição no ranking mundial, com faturamento de R\$ 85,35 bilhões, a um crescimento anual de 13,1%, entretanto, apresenta um déficit na balança comercial de R\$ 4,91 bilhões, o que auxilia no desequilíbrio financeiro do país (BRITTO, 2018).

Os gastos com medicamentos são crescentemente impactantes nos sistemas de saúde em todo mundo. No Brasil, os gastos governamentais com medicamentos crescem 13,7% ao ano e alcançaram R\$44,4 bilhões em 2017, sendo a maior parte dos produtos importados, o que aponta para a insustentabilidade do sistema (BRITTO, 2018; LUZ et al., 2017). Segundo LUZ et al. (2017) os grupos de medicamentos mais custosos aos cofres do governo são imunomoduladores, cardioprotetores e anticarcinogênicos, grupos para os quais encontra-se grande diversidade de espécies medicinais aromáticas

potenciais para o desenvolvimento de medicamentos, como *S. lycocarpum*, *V. megapotamica* e *C. sylvestris*, respectivamente (Tabela 3).

Os países subdesenvolvidos comumente apresentam tal déficit na balança comercial de medicamentos pela deficiência tecnológica para o desenvolvimento e produção dos fármacos (FUNARI; FERRO, 2005; BÔAS et al., 2007; GRAY et al., 2015; MARTINS, 2017; SANTOS et al., 2017), tendo em vista a alta necessidade de investimento direto da indústria farmacêutica e indireto nos institutos de pesquisa básica (FUNARI; FERRO, 2005; DIMASI et al., 2016). O baixo investimento em inovação, pesquisa e desenvolvimento torna estes países altamente dependentes nas etapas de maior valor agregado do setor farmacêutico, resultando em posição comercial desvantajosa (SIMÕES; SCHENKEL, 2002; COSTA; NUNEZ, 2017).

A indústria de fitoterápicos possui relativamente menor acúmulo tecnológico do que os demais setores da indústria farmacêutica, principalmente pela possibilidade de registro de produtos tradicionais (MACEDO; GEMAL, 2009; VEERESHAM, 2012) e, assim, o aproveitamento da biodiversidade como fonte de medicamentos é uma alternativa para o rápido desenvolvimento da indústria farmacêutica local e o equilíbrio da balança comercial de países subdesenvolvidos (BÔAS et al., 2007), além de possibilitar a criação de uma frente de desenvolvimento científico visando mudança do patamar tecnológico (FUNARI; FERRO, 2005; MACEDO; GEMAL, 2009).

O Brasil possui pequena participação mundial na produção de fitoterápicos e de matérias primas para a produção destes medicamentos, mesmo os fitoterápicos produzidos no país utilizam 80% da matéria prima importada, enquanto há diversas condições edafoclimáticas no país que permitem o cultivo da maioria das espécies, o que evidencia a necessidade do fomento à pesquisa no setor (YUNES et al., 2001; CASTRO; ALBIERO, 2016).

Diante a oportunidade de explorar a biodiversidade vegetal do país, de forma a criar e distribuir renda, desenvolver tecnologia, cultivos sustentáveis e preservação ambiental, é crucial a parceria entre governo, indústria, agricultores e universidade para viabilizar um amplo projeto no sentido do desenvolvimento do setor (YUNES et al., 2001; BÔAS et al., 2007; MARCHESE, 2015; MEJIA et al., 2018).

## 1.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A biodiversidade vegetal do fragmento de Cerrado analisado apresenta ampla diversidade de espécies aromáticas com elevado potencial para produção de medicamentos e geração de renda aliada à conservação do ecossistema.

Há pouco conhecimento científico para embasar o uso das espécies como fonte de óleos essenciais, o que constitui urgente lacuna de conhecimento e oportunidades para pesquisas científicas inovadoras.

## REFERÊNCIAS

AFSHAR, M. K.; MOGHADAM, Z. B.; TAGHIZADEH, Z. Lavender fragrance essential oil and the quality of sleep in postpartum women. **Iranian Red Crescent Medical Journal**, v. 17, n. 4, p. 1-7, 2015.

AGUIAR, T. H. **Florística do Parque Estadual do Cerrado em Jaguariaíva - Paraná: atualização da lista de espécies**. Londrina: Instituto Ambiental do Paraná. p. 38, 2010.

ANDERSEN, L. E. **A cost-benefit analysis of deforestation in the Brazilian Amazon**. 2015. p. 50. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/4835>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

ANDRÉS, M. F.; GONZÁLEZ-COLOMA, A.; SANZ, J.; BURILLO, J.; SAINZ, P. Nematicidal activity of essential oils: a review. **Phytochemistry Reviews**, v. 11, n. 4, p. 371-390, 2012.

ANTINARELLI, L. M. R.; PINTO, N. C.; SCIO, E. Antileishmanial activity of some Brazilian plants, with particular reference to *Casearia sylvestris*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 2, p. 733-742, 2015.

ANTUNES, M. D. C.; CAVACO, A. M. The use of essential oils for postharvest decay control. A review. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 25, n. 5, p. 351-366, 2010.

ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Medicamentos registrados**. Brasília: 2018.



APEL, M. A.; SOBRAL, M.; SCHAPOVAL, E. E. S. Essential oils from *Eugenia* species- Part VII: Sections *phyllocalyx* and *stenocalyx*. **Journal of Essential Oil Research**, v. 16, n. 2, p. 135-138, 2004.

ATANASOV, A. G.; WALTENBERGER, B.; PFERSCHY-WENZIG, E.-M. Discovery and resupply of pharmacologically active plant-derived natural products: A review. **Biotechnology Advances**, v. 33, n. 8, p. 1582-1614, 2015.

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils – A review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446-475, 2008.

BARREIRO, E. J.; FRAGA, C. A. M. **Química Medicinal**: As bases moleculares da ação dos fármacos. Artmed Editora: Porto Alegre, 2014.

BASER, K. H. C.; BUCHBAUER, G. **Handbook of Essential Oils**: Science, Technology, and Applications. CRC Press: New York, 2015. 1128 p.

BATISTA, A. N. DE L.; JUNIOR, B.; MARCOS, J. Aromatic compounds from three Brazilian Lauraceae species. **Química Nova**, v. 33, n. 2, p. 321-323, 2010.

BELCHER, B. M. Forest product markets, forests and poverty reduction. **International Forestry Review**, v. 7, n. 2, p. 82-89, 2005.

BERGER, H. Brazil's phytotherapeutic drug market and regulation. **BioPharm International**, v. 27, n. 7, p. 1-2, 2014.

BERLINCK, R. G. S.; BORGES, W. S.; SCOTTI, M. T. the chemistry of natural products in brazil in the XXI century. **Química Nova**, v. 40, n. 6, p. 706–710, 2017.

BHALLA, Y.; GUPTA, V. K.; JAITAK, V. Anticancer activity of essential oils: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 15, p. 3643-3653, 2013.

BHARGAVA, V. V.; PATEL, S. C.; DESAI, K. S. Importance of terpenoids and essential oils in chemotaxonomic approach. **International Journal of Herbal Medicine**, v. 1, n. 2, p. 14-21, 2013.

BÔAS, V.; DE KRUSE, G.; GADELHA, C. A. G. Oportunidades na indústria de medicamentos e a lógica do desenvolvimento local baseado nos biomas brasileiros: bases para a discussão de uma política nacional. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, p. 1463-1471, 2007.

BORGES, L. L.; CONCEIÇÃO, E. C.; SILVEIRA, D. Active compounds and medicinal properties of *Myrciaria* genus. **Food Chemistry**, v. 153, p. 224-233, 2014.

BOTEGA, C.; PAGLIOSA, F. M.; BOLZANI, V. DA S.; YOSHIDA, M.; GOTTLIEB, O. R. Benzyloquinoline alkaloids and eudesmane sesquiterpenes from *Ocotea pulchella*. **Phytochemistry, The International Journal of Plant Biochemistry**, v. 32, n. 5, p. 1331-1333, 1993.

BOULOGNE, I.; PETIT, P.; OZIER-LAFONTAINE, H.; DESFONTAINES, L.; LORANGER-MERCIRIS, G. Insecticidal and antifungal chemicals produced by plants: a review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 10, n. 4, p. 325-347, 2012.

BRANDÃO, M. G. L.; COSENZA, G. P.; MOREIRA, R. A.; MONTE-MOR, R. L. Medicinal plants and other botanical products from the Brazilian Official Pharmacopoeia. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, n. 3, p. 408-420, 2006.

BRASIL. **Formulário de Fitoterápicos, Farmacopeia Brasileira**. Brasília: Anvisa, 2011. 126 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Boas práticas agrícolas (BPA) de plantas medicinais, aromáticas e condimentares**. Brasília: MAPA/SDC, 2006. 48 p.

BRASIL, Ministério da Saúde. Resolução da Diretoria Colegiada-RDC nº 26, de 13 de maio de 2014. Dispõe sobre o registro de medicamentos fitoterápicos e o registro ea notificação de produtos tradicionais fitoterápicos, junto à Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Diário Oficial da União** (2014).

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Quinto relatório nacional para a convenção sobre diversidade biológica**. Brasília: Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2016. 240 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. 2019. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 15 set. 2018.

BRITTO, A. **Guia 2017 INTERFARMA**. São Paulo: Associação da Indústria Farmacêutica de Pesquisa, p. 119. 2018.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 94, n. 3, p. 223-253, 2004.

CALIXTO, J. B. Biodiversidade como fonte de medicamentos. **Ciência e Cultura**, v. 55, n. 3, p. 37-39, 2003.

CARLINI, C. R.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Plant toxic proteins with insecticidal properties. A review on their potentialities as bioinsecticides. **Toxicon**, v. 40, n. 11, p. 1515-1539, 2002.

CARVALHO, I.; PUPO, M. T.; BORGES, A. D. L.; BERNARDES, L. S. Introdução a modelagem molecular de fármacos no curso experimental de química farmacêutica. **Química Nova**, v. 26, n. 3, p. 428-438, 2003.

CASTRO, R. A.; ALBIERO, A. L. M. O mercado de matérias primas para indústria de fitoterápicos. **Revista Fitos Eletrônica**, v. 10, n. 1, p. 59-72, 2016.

CEOLIN, T.; HECK, R. M.; BARBIERI, R. L. Plantas medicinais: transmissão do conhecimento nas famílias de agricultores de base ecológica no sul do RS. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 45, n. 1, p. 47-54, 2011.

CHAVEZ, J. P.; GOTTLIEB, O. R.; YOSHIDA, M. 10-desmethyl-1-methyl-eudesmanes from *Ocotea corymbosa*. **Phytochemistry**, v. 39, n. 4, p. 849-852, 1995.

CORREA, C. C.; ALVES, A. F. Plantas medicinais como alternativa de negócios: caracterização e importância. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco, AC: SOBER, 2008.

CORRÊA JÚNIOR, C.; GRAÇA, L. R.; SCHEFFER, M. C. **Complexo agroindustrial das plantas medicinais, aromáticas e condimentares no Estado do Paraná: diagnóstico e perspectivas**. Curitiba: Sociedade Paranaense de Plantas Medicinais, 2004.

CORRÊA JÚNIOR, C.; SCHEFFER, M. C.; MING, L. C. **Cultivo agroecológico de plantas medicinais, aromáticas e condimentares**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2006.

CORRÊA JÚNIOR, C.; SCHEFFER, M. C. As plantas medicinais, aromáticas e condimentares e a agricultura familiar. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 3, p. 376-376, 2014.

COSTA, R. C.; NUNEZ, C. V. Phytotherapy and phytocosmetic bioproducts market: management, technologies and innovation. **Revista Fitos**, v. 10, n. 3, p. 295-306, 2017.

CRAVEIRO, A. A.; ALENCAR, J. W.; MATOS, F. J. A.; ANDRADE, C. H. S.; MACHADO, M. I. L. Essential oils from Brazilian Verbenaceae. Genus *Lippia*. **Journal of Natural Products**, v. 44, n. 5, p. 598-601, 1981.

DANIEL, M. **Medicinal plants**: chemistry and properties. CRC Press: Boca Raton, 2016. 266p.

DAVID, B.; WOLFENDER, J. L.; DIAS, D. A. The pharmaceutical industry and natural products: historical status and new trends. **Phytochemistry Reviews**, v. 14, n. 2, p. 299-315, 2015.

DAWSON, I. K.; LEAKEY, R.; CLEMENT, C. R.; WEBER, J. C. The management of tree genetic resources and the livelihoods of rural communities in the tropics: Non-timber forest products, smallholder agroforestry practices and tree commodity crops. **Forest Ecology and Management**, v. 333, p. 9–21, 2014.

DAYAN, F. E.; CANTRELL, C. L.; DUKE, S. O. Natural products in crop protection. **Bioorganic & Medicinal Chemistry, Modern Trends in Agrochemistry**, v. 17, n. 12, p. 4022-4034, 2009.

DEHAAN, L. R.; TASSEL, D. L. V.; COX, T. S. Perennial grain crops: A synthesis of ecology and plant breeding. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 20, n. 1, p. 5-14, 2005.

DIMASI, J. A.; GRABOWSKI, H. G.; HANSEN, R. W. Innovation in the pharmaceutical industry: New estimates of R&D costs. **Journal of Health Economics**, v. 47, p. 20-33, 2016.

DUC, G.; AGRAMA, H.; BAO, S. Breeding annual grain legumes for sustainable agriculture: New methods to approach a complex traits and target new cultivar ideotypes. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 34, n. 1-3, p. 381-411, 2015.

ESCOBAR, P.; MILENA LEAL, S.; HERRERA, L. V.; MARTINEZ, J. R.; STASHENKO, E. Chemical composition and antiprotozoal activities of Colombian *Lippia* spp essential oils and their major components. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 105, n. 2, p. 184–190, 2010.

FUNARI, C. S.; FERRO, V. O. Uso ético da biodiversidade brasileira: necessidade e oportunidade. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, n. 2, p. 178–82, 2005.

GONTIJO, D. C.; BRANDÃO, G. C.; GONTIJO, P. C. Identification of phenolic compounds and biologically related activities from *Ocotea odorifera* aqueous extract leaves. **Food Chemistry**, v. 230, p. 618–626, 2017.

GOTTLIEB, O. R. Chemosystematics-method for researching essential oils. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias**, v. 44, p. 9–21, 1972a.

GOTTLIEB, O. R. Chemosystematics of the Lauraceae. **Phytochemistry**, v. 11, n. 5, p. 1537–1570, 1972b.

GRAND VIEW RESEARCH. **Essential oils market size, share & trends analysis report by product (orange, corn, mint, eucalyptus, citronella, pepper mint, lemon, clove leaf, lime, spearmint), by application, and segment forecasts.** 2018. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/essential-oils-market>. Acesso em: 19 jun. 2018.

GRAY, J. V.; SIEMSEN, E.; VASUDEVA, G. Colocation still matters: conformance quality and the interdependence of R&D and manufacturing in the pharmaceutical industry. **Management Science**, v. 61, n. 11, p. 2760–2781, 2015.

HARVEY, A. Strategies for discovering drugs from previously unexplored natural products. **Drug Discovery Today**, v. 5, n. 7, p. 294–300, 2000.

HEGNAUER, R. **Chemotaxonomie der Pflanzen**. Birkhauser Verlag: Basel & Stuttgart. v. 1–9, 1962, p. 1431.

HEGNAUER, R. Phytochemistry and plant taxonomy- An essay on the chemotaxonomy of higher plants. **Phytochemistry**, v. 25, n. 7, p. 1519–1535, 1986.

HENRIQUES, A. T.; SOBRAL, M.; BRIDI, R. Essential Oils from Five Southern Brazilian Species of *Myrcia* (Myrtaceae). **Journal of Essential Oil Research**, v. 9, n. 1, p. 13–18, 1997.

HOMMA, A. K. O. **Extrativismo, biodiversidade e biopirataria na Amazônia**. Embrapa Informação Tecnológica: Brasília, 2008. 97p.

HOMMA, A. K. O. Plant extractivism or plantation: what is the best option for the Amazon? **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 167–186, 2012.

HOU, C.-W.; LIN, C.-C.; WU, S.-P.; CHEN, Y.-L.; SIAO, AN-C. Yuanpei University. **Application of *Elephantopus mollis* H.B.K. in anti-inflammation and bacteriostasis**. TW 201225987 - A. 1 set. 2012.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Plano de manejo do Parque Estadual do Cerrado**. Governo do Estado do Paraná, Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Curitiba. 2002. p. 459.

ISMAN, M. B. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop Protection**, v. 19, n. 8, p. 603–608, 2000.

ISMAN, M. B. Plant Essential Oils as Green Pesticides for Pest and Disease Management. **ACS Symposium Series**, v. 887, p.41–51, 2004.

- ISMAN, M. B.; MACHIAL, C. M. Pesticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization. **Advances in Phytomedicine**, v. 3, p.29–44, 2006.
- KARELAKIS, C.; TSANTOPOULOS, G. Changing land use to alternative crops: a rural landholder's perspective. **Land Use Policy**, v. 63, p. 30–37, 2017.
- KLEIN, T.; LONGHINI, R.; BRUSCHI, M. L.; MELLO, JO. C. P. D. Fitoterápicos: um mercado promissor. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 30, n. 3, p. 241–248, 2010.
- KONDO, C.; SENOO, M.; TAKAYAMA, A. Kose Corp. **Agent for external use containing plant extract**. JP 2000095663 - A. 4 abr. 2000.
- KRISHNAKUMAR, J.; YANAGIDA, J. F.; ANITHA, V.; BALAKRISHNAN, R.; RADOVICH, T. J. K. Non-timber forest products certification and management: a socioeconomic study among the Kadars in Kerala, India. **Environment, Development and Sustainability**, v. 17, n. 4, p. 837–858, 2015.
- KUYAH, S.; ÖBORN, I.; JONSSON, M. Regulating Ecosystem Services Delivered in Agroforestry Systems. In: DAGAR, J.C.; TEWARI, V. P. (Ed.) **Agroforestry**. Springer, Singapore. 2017. p.797–815.
- LAHLOU, M. The success of natural products in drug discovery. **Pharmacology & Pharmacy**, v. 4, p. 17–31, 2013.
- LEE, K.-H.; FURUKAWA, H.; KOZUKA, M. Molephantin, a novel cytotoxic germacranolide from *Elephantopus mollis*. X-Ray crystal structure. **Journal of the Chemical Society**, n. 14, p. 476–477, 1973.
- LEE, K.-H.; IBUKA, T.; HUANG, H.-C.; HARRIS, D. L. Antitumor agents XIV: Molephantinin, a new potent antitumor sesquiterpene lactone from *Elephantopus mollis*. **Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 64, n. 6, p. 1077–1078, 1975.
- LI, Y.; YE, W.; WANG, G.; LI, M.; WANG, Y. Jinan University. **Application of *Elephantopus* plant extract in preparation of fishery drugs having antibacterial effect**. CN 105395586 - A. 16 mar. 2016a.



LI, Y.; YE, W.; WANG, G.; LI, M.; WANG, Y. Jinan University. **Application of elephantopus plant extract in preparation of veterinary drugs or feed additives**. CN 105395585 - A. 16 mar. 2016b.

LIMBERGER, R. P.; SOBRAL, M.; HENRIQUES, A. T.; MENUT, C.; BESSIÈRE, J.-M. Essential oils from *Myrcia* species native to Rio Grande do Sul. **Química Nova**, v. 27, n. 6, p. 916–919, 2004.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 512p

LUBBE, A.; VERPOORTE, R. Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials. **Industrial Crops and Products**, v. 34, n. 1, p. 785–801, 2011.

LUZ, T. C. B.; OSORIO-DE-CASTRO, C. G. S.; MAGARINOS-TORRES, R.; WETTERMARK, B. Trends in medicines procurement by the Brazilian federal government from 2006 to 2013. **Plos One**, v. 12, n. 4, p. 1–13, 2017.

MACEDO, E. V.; GEMAL, A. L. A produção de fitomedicamentos e a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 90, n. 4, p. 290-297, 2009.

MACIEL, M. A. M.; PINTO, A. C.; VEIGA, J. R. V.; GRYNBERG, N. F.; E, A. Plantas medicinais: a necessidade de estudos multidisciplinares. **Química nova**, v. 25, n. 3, p. 429–438, 2002.

MAIA, M. F.; MOORE, S. J. Plant-based insect repellents: a review of their efficacy, development and testing. **Malaria journal**, v. 10, n. 1, p. 1-14, 2011.

MARCHESE, C. Biodiversity hotspots: A shortcut for a more complicated concept. **Global Ecology and Conservation**, v. 3, p. 297–309, 2015.

MARONI, B. C.; DI STASI, L. C.; MACHADO, S. R. **Plantas medicinais do Cerrado de Botucatu: guia ilustrado**. Unesp: São Paulo, 2006. 200p.

MARQUES, M. S.; HANAZAKI, N. Characterization and participative mapping of non-timber forest product extraction: the case of leatherleaf fern *Rumohra adiantiformis* (G. Forst.) Ching. **Ethnoscientia**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2016.

MARTÍNEZ-ROMERO, D.; SERRANO, M.; BAILÉN, G. The use of a natural fungicide as an alternative to preharvest synthetic fungicide treatments to control lettuce deterioration during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 47, n. 1, p. 54–60, 2008.

MARTINS, I. M.; BARREIRO, M. F.; COELHO, M.; RODRIGUES, A. E. Microencapsulation of essential oils with biodegradable polymeric carriers for cosmetic applications. **Chemical Engineering Journal**, v. 245, n. 1, p. 191–200, 2014.

MARTINS, J. F. S. L. C. **The scientific performance of portuguese pharmaceutical industry: a bibliometric analysis**. 62 f. Dissertação (Mestrado em Economia da Empresa e da Concorrência) - Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, 2017.

MCPHAIL, A. T.; ONAN, K. D.; LEE, K.-H. Structure and stereochemistry of the epoxide of phantomolin, a novel cytotoxic sesquiterpene lactone from *Elephantopus mollis*. **Tetrahedron Letters**, v. 15, n. 32, p. 2739–2741, 1974.

MEDEIROS, M. F. T.; SENNA-VALE, L.; ANDREATA, R. H. P.; FERNANDES, L. R. R. DE M. V. Informações estratégicas geradas através do estudo de patentes de plantas medicinais citadas pelos sitiantes da reserva Rio das Pedras, Mangaratiba, Rio de Janeiro. **Revista de Biologia Neotropical**, v. 4, n. 2, p. 139–147, 2008.

MEJIA, L. B.; LIMA, J. S.; COLLEVATTI, R. G. Spatially-explicit analyses reveal the distribution of genetic diversity and plant conservation status in Cerrado biome. **Biodiversity and Conservation**, v. 28, n. 2, p. 1–18, 2018.

MISRA, A.; SRIVASTAVA, S. Chemotaxonomy: An approach for conservation and exploration of industrially potential medicinal plants. **Journal of Pharmacognosy and Natural Products**, v. 2, n. 2, p. 108–109, 2016.

MUKUL, S. A.; RASHID, A. Z. M. M.; UDDIN, M. B.; KHAN, N. A. Role of non-timber forest products in sustaining forest-based livelihoods and rural households' resilience capacity in and around protected area: a Bangladesh study. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 59, n. 4, p. 628–642, 2016.

NAVARRA, M.; MANNUCCI, C.; DELBÒ, M.; CALAPAI, G. Citrus bergamia essential oil: from basic research to clinical application. **Frontiers in Pharmacology**, v. 6, n. 3, p. 80-89, 2015.

NEGI, V. S.; MAIKHURI, R. K.; RAWAT, L. S. Non-timber forest products (NTFPs): a viable option for biodiversity conservation and livelihood enhancement in central Himalaya. **Biodiversity and Conservation**, v. 20, n. 3, p. 545–559, 2011.

NEPSTAD, D. C.; SCHWARTZMAN, S. **Non-timber products from tropical forests. Evaluation of a conservation and development strategy**. New York Botanical Garden: New York, 1992. 176 p.

NERIO, L. S.; OLIVERO-VERBEL, J.; STASHENKO, E. Repellent activity of essential oils: a review. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 1, p. 372–378, 2010.

NEWMAN, D. J.; CRAGG, G. M. Natural products as sources of new drugs over the 30 years from 1981 to 2010. **Journal of Natural Products**, v. 75, n. 3, p. 311–335, 2012.

NUZHAT, T.; VIDYASAGAR, G. M. Antifungal investigations on plant essential oils. A review. **Academic Sciences**, v. 5, n. 2, p. 19-28, 2014.

OLIVEIRA, F. DE; AKISUE, G.; AKISUE, M. K. **Farmacognosia**. Rio de Janeiro: Atheneu. 1991. p. 426.

OLIVEIRA, A. C. D. DE; ROPKE, C. Os dez anos da Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos (PNPMF) e os principais entraves da cadeia produtiva de extratos vegetais e medicamentos fitoterápicos no Brasil. **Revista Fitos**, v. 10, n. 2, p. 185–198, 2016.

OLIVEIRA, V. B.; YAMADA, L. T.; FAGG, C. W.; BRANDÃO, M. G. L. Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 48, n. 1, p. 170–179, 2012.

OMOLO, M. O.; OKINYO, D.; NDIEGE, I. O.; LWANDE, W.; HASSANALI, A. Repellency of essential oils of some Kenyan plants against *Anopheles gambiae*. **Phytochemistry**, v. 65, n. 20, p. 2797–2802, 2004.

ØSTERBERG, J. T.; XIANG, W.; OLSEN, L. I.; EDENBRANDT, A. K. Accelerating the domestication of new crops: feasibility and approaches. **Trends in Plant Science**, v. 22, n. 5, p. 373-384, 2017.

PAVELA, R. Possibilities of botanical insecticide exploitation in plant protection. **Pest Technology**, v. 1, n. 1, p. 47–52, 2007.

PAVELA, R. History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects: a review. **Plant Protection Science**, v. 52, p. 229–241, 2016.

PAVELA, R.; BENELLI, G. Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. **Trends in Plant Science**, v. 21, n. 12, p. 1000–1007, 2016.

PETROVSKA, B. B. Historical review of medicinal plants' usage. **Pharmacognosy Reviews**, v. 6, n. 11, p. 1–5, 2012.

PINTO, A. C.; REZENDE, C. M.; GARCEZ, F. R.; EPIFANIO, R. DE A. An overview of the Brazilian natural product community. **Química Nova**, v. 26, n. 6, p. 966–971, 2003.

RAUT, J. S.; KARUPPAYIL, S. M. A status review on the medicinal properties of essential oils. **Industrial Crops and Products**, v. 62, p. 250–264, 2014.

RODRIGUES, E.; CARLINI, E. A. A importância dos levantamentos etnofarmacológicos no desenvolvimento de fitomedicamentos. **Revista Racine**, n. 70, p. 30–35, 2002.

SALLEH, W. M. N. H. W.; AHMAD, F. Phytochemistry and biological activities of the Genus *Ocotea* (Lauraceae): a review on recent research results (2000-2016). **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 7, n. 5, p. 204–218, 2017.

SALLEH, W. M. N. H. W.; AHMAD, F.; YEN, K. H.; ZULKIFLI, R. M. Essential oil compositions of Malaysian Lauraceae: a mini review. **Pharmaceutical Sciences**, v. 22, n. 1, p. 60–67, 2016.

SANT'ANNA, C. M. R. Métodos de modelagem molecular para estudo e planejamento de compostos bioativos: uma introdução. **Revista Virtual de Química**, v. 1, n. 1, p. 49–57, 2009.

SANTOS, A. M. A. DOS; TEJADA, C. A. O.; JACINTO, P. DE A. Economic determinants of the demand for importation of pharmacochemical and pharmaceutical products. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 33, n. 9, p. 1-11, 2017.

SANTOS, F. A.; CUNHA, G. M. A.; VIANA, G. S. B. Antibacterial activity of essential oils from *Psidium* and *Pilocarpus* species of plants. **Phytotherapy Research**, v. 11, n. 1, p. 67–69, 1999.

SANTOS, V. C.; SILVA, L.; MATOS, L.; CAVALCANTI, S. **Agrupamento de dados no contexto da quimiotaxonomia**: aplicando heurísticas baseadas em coloração de grafos. 2010.

SCHMITT, E. K.; MOORE, C. M.; KRASTEL, P.; PETERSEN, F. Natural products as catalysts for innovation: a pharmaceutical industry perspective. **Current Opinion in Chemical Biology**, v. 15, n. 4, p. 497–504, 2011.

SCORA, R. W.; SCORA, P. E. Essential oils of *Persea* subgenus *Persea* (Lauraceae). **Journal of Essential Oil Research**, v. 12, n. 6, p. 709–713, 2000.

SHAABAN, H. A. E.; EL-GHORAB, A. H.; SHIBAMOTO, T. Bioactivity of essential oils and their volatile aroma components: review. **Journal of Essential Oil Research**, v. 24, n. 2, p. 203–212, 2012.

SHACKLETON, C. M.; PANDEY, A. K. Positioning non-timber forest products on the development agenda. **Forest Policy and Economics**, v. 38, p. 1–7, 2014.

SHANLEY, P.; SILVA, M. S.; MELO, T.; CARMENTA, R.; NASI, R. From conflict of use to multiple use: forest management innovations by small holders in Amazonian logging frontiers. **Forest Ecology and Management**, v. 268, p. 70–80, 2012.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P. A pesquisa e a produção brasileira de medicamentos a partir de plantas medicinais: a necessária interação da indústria com a academia. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 12, n. 1, p. 35–40, 2002.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento—Produtos de origem vegetal e**

**o desenvolvimento de medicamentos.** Porto Alegre: Editora UFRGS, ed. 4, 2003. p. 1123.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; DE MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento.** Porto Alegre: Artmed Editora, 2016. p. 502.

SINGH, R. Chemotaxonomy: a tool for plant classification. **Journal of Medicinal Plants**, v. 4, n. 2, p. 90–93, 2016.

SINGH, R.; GEETANJALI. **Chapter 6 - Chemotaxonomy of Medicinal Plants: Possibilities and Limitations.** In: S. C. Mandal; V. Mandal; T. Konishi (Orgs.); Natural Products and Drug Discovery: An Integrated Approach. Elsevier: Oxford. 2018. p. 119–136.

SISAK, L.; RIEDL, M.; DUDIK, R. Non-market non-timber forest products in the Czech Republic—Their socio-economic effects and trends in forest land use. **Land Use Policy**, v. 50, p. 390–398, 2016.

SMITH, P. M. **The chemotaxonomy of plants.** Londres: Edward Arnold, 1976. p. 313.

SOUZA, G. H. B. DE; MELLO, J. C. P. DE; LOPES, N. P. **Farmacognosia: coletânea científica.** Ouro Preto: Editora UFOP, 2011. p. 376.

SOUZA, A. P.; MARQUES, M. R.; MAHMOUD, T. S. Bioprospecting insecticidal compounds from plants native to Mato Grosso do Sul, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 4, p. 1136–1140, 2008.

SOUZA, M. R. M.; PEREIRA, R. G. F.; FONSECA, M. C. M. Comercialização de plantas medicinais no contexto da cadeia produtiva em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 14, p. 242–245, 2012.

STATISTA, T. S. P. **Global pharmaceutical industry.** The Statistics Portal: New York, 2017. 81 p.

TABOPDA, T. K.; LIU, J.; NGADJUI, B. T.; LUU, B. Cytotoxic triterpene and sesquiterpene lactones from *Elephantopus mollis* and induction of apoptosis in neuroblastoma cells. **Planta Medica**, v. 73, n. 4, p. 376–380, 2007.

TABOPDA, T. K.; NGOUPAYO, J.; LIU, J. Further cytotoxic sesquiterpene lactones from *Elephantopus mollis* Kunth. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, v. 56, n. 2, p. 231–233, 2008.

TAKAKU, S.; HABER, W. A.; SETZER, W. N. Leaf essential oil composition of 10 species of *Ocotea* (Lauraceae) from Monteverde, Costa Rica. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 35, n. 8, p. 525–532, 2007.

TAN, F.-C.; SWAIN, S. M. Genetics of flower initiation and development in annual and perennial plants. **Physiologia Plantarum**, v. 128, n. 1, p. 8–17, 2006.

TERBLANCHÉ, F. C.; KORNELIUS, G. Essential oil constituents of the genus *Lippia* (Verbenaceae): a literature review. **Journal of Essential Oil Research**, v. 8, n. 5, p. 471–485, 1996.

THOMAS, E.; VANDEBROEK, I.; SANCA, S.; VAN DAMME, P. Cultural significance of medicinal plant families and species among Quechua farmers in Apillapampa, Bolivia. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 122, n. 1, p. 60–67, 2009.

TRENTO FILHO, A. J.; MENON, M. U.; JUNIOR, C. C. Caracterização da produção de plantas medicinais, aromáticas e condimentares no Território Centro-Sul do Paraná. **Ambiência**, v. 6, n. 3, p. 511–520, 2010.

UMISHIO, K.; MAEDA, K.; KOBAYASHI, K.; KOBAYASHI. SHISEIDO CO LTD. **Skin Whitening agent**. JP 2006193504 - A. 2006.

VEERESHAM, C. Natural products derived from plants as a source of drugs. **Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research**, v. 3, n. 4, p. 200–201, 2012.

VERMA, P.; MATHUR, A. K.; JAIN, S. P.; MATHUR, A. In vitro conservation of twenty-three overexploited medicinal plants belonging to the indian sub continent. **The Scientific World Journal**, v. 12, n. 4, p. 1-10, 2012.

VIEIRA, G.; APPELT, H. R.; FREITAS, A. S.; SOUZA, A. Modelagem molecular para bases de schiff com atividade antimicrobiana. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 7, n. 2, p. 43-44, 2016.



VIEIRA, L. F. Agricultura e agroindústria familiar. **Revista de Política Agrícola**, v. 7, n. 1, p. 14–31, 2012.

VIEIRA, R. F. Conservation of medicinal and aromatic plants in Brazil. **Perspectives on New Crops and New Uses**, p. 152–159, 1999.

VIEIRA, R. F.; BIZZO, H. R.; DESCHAMPS, C. Genetic resources of aromatic plants from Brazil. **Israel Journal of Plant Sciences**, v. 58, n. 3–4, p. 263–271, 2010.

VON LINSINGEN, L.; DE SOUZA SONEHARA, J.; UHLMANN, A.; CERVI, A. Composição florística do parque estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná, Brasil. **Acta Biológica Paranaense**, v. 35, n. 3, p. 197-232, 2006.

WILLIAMS, V. L.; VICTOR, J. E.; CROUCH, N. R. Red listed medicinal plants of South Africa: status, trends, and assessment challenges. **South African Journal of Botany**, v. 86, p. 23–35, 2013.

WYK, B. E. VAN; WINK, M. **Medicinal plants of the world**. 2. ed. CABI: Glasgow, 2017. p. 276.

YUNES, R. A.; PEDROSA, R. C.; CECHINEL FILHO, V. Fármacos e fitoterápicos: a necessidade do desenvolvimento da indústria de fitoterápicos e fitofármacos no Brasil. **Química nova**, v. 24, n. 1, p. 147–152, 2001.

ZOGHBI, M. DAS G. B.; ANDRADE, E. H. A.; DA SILVA, M. H. L.; MAIA, J. G. S. Volatile constituents of *Lippia lupulina* Cham. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 17, n. 1, p. 29–31, 2002.

## 2 A PESQUISA EM ÓLEOS ESSENCIAIS E FARMACOLOGIA DE PLANTAS DO CERRADO

### RESUMO

O Brasil experimentou expressivo crescimento da produção científica nas últimas duas décadas, subindo para 13° no ranking mundial, entretanto os artigos ainda apresentam baixo impacto e o país é o 64° em inovação. A produção científica sobre espécies nativas compõe a base para conservação e aproveitamento dos recursos da biodiversidade brasileira, entretanto, ainda não se apresenta com suficiência. O país detém a maior biodiversidade vegetal do planeta e distintas condições edafoclimáticas que conferem viabilidade de produção de diversas espécies vegetais aromáticas e, no entanto, participa de forma insignificante no cenário mundial de produção de óleos essenciais (OE) não cítricos e importa anualmente US\$ 67,6 milhões em OE. Nesta conjuntura, buscou-se diagnosticar o panorama das pesquisas sobre fitoquímica, atividade biológica, ecologia e cultivo de 178 espécies aromáticas e potencialmente aromáticas encontradas no Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná. A revisão bibliográfica buscou artigos nas bases de dados Web of Science, Science Direct, Biological Abstracts, Scientific Electronic Library Online, International Pharmaceutical Abstracts, Agricultural Online Access e BioOne. Os artigos foram catalogados no programa Zotero® e classificados por área do conhecimento, ano, país, periódico, número de citações, estrutura da justificativa e metodologias empregadas. Um diagnóstico das pesquisas no setor é discutido sendo apontado os principais pontos fortes, lacunas e desafios da produção científica no setor, a fim de contribuir para a expansão da qualidade dos artigos, seu impacto e a resultante inovação.

Palavras-chave: produção científica, inovação, tecnologia, fitoquímica, plantas medicinais, plantas aromáticas.

### ABSTRACT

Brazil has experienced a growth in scientific production in the last two decades, rising to 13th in the world ranking, however the articles still have low impact and the country is the 64th in innovation. Scientific production on native species composes the basis for conservation and utilization of the resources of Brazilian biodiversity, although it is still not enough. The country has the largest plant biodiversity on the planet and different soil and climatic conditions that confer viability of production of various aromatic plant species and yet it participates insignificantly in the world scenario of production of non-citrus essential oils (EO) and annually import US\$ 67.6 million in OE. In this context, we sought to diagnose the panorama of research on phytochemistry, biological activity, ecology and cultivation of 178 aromatic and potentially aromatic Brazilian species located in the Cerrado State Park of Jaguariaíva, Paraná, Brazil. The literature review

sought papers in the Web of Science, Science Direct, Biological Abstracts, Scientific Electronic Library Online, International Pharmaceutical Abstracts, Agricultural Online Access and BioOne databases. The papers were cataloged in the Zotero program and classified by knowledge area, year, country, journal, number of citations, justification structure and methodologies. A diagnosis of the researches in the sector is discussed, pointing out the main strengths, gaps and challenges of the scientific production in the sector, in order to contribute to the expansion of the quality of the papers, their impact and innovation.

Keywords: scientific production, innovation, technology, phytochemistry, medicinal plants, aromatic plants.

## 2.1 INTRODUÇÃO

O Brasil apresentou grande avanço no número de publicações científicas na última década, mas ainda acanhado incremento no impacto dos artigos, o que remete ao desafio de compreender formas de elevar a qualidade das publicações nacionais (MOURA; CAREGNATO, 2011; BARATA, 2015; BASTOS; FRENKEL, 2017; CROSS et al., 2018).

Em 20 anos o país passou de 24° para 13° colocado no mundo em produção de artigos científicos (SANTOS; RABELO, 2017; GONÇALVES et al., 2018), entretanto, produz poucas patentes válidas (AMADEI; TORKOMIAN, 2009; JORGE et al., 2017) e está em 64° na classificação mundial de inovação (DUTTA et al., 2018).

Este distanciamento entre produção científica e tecnológica evidencia a necessidade de avaliação do meio científico nacional e reflexão acerca das oportunidades, carências e lacunas de conhecimento que impedem a efetivação de inovação (PONTES, 2015; GRECO; MARTINELLI, 2016 BASTOS; FRENKEL, 2017).

Esta disfunção afeta os mais diversos setores nacionais, como a produção de matérias primas vegetais e o desenvolvimento de produtos industriais. Apesar de possuir a maior biodiversidade vegetal do mundo e distintas condições edafoclimáticas que permitem a produção de várias espécies vegetais, o Brasil é deficitário, por exemplo, na sua balança comercial de óleos essenciais (OE) (BRASIL, 2019).

Os OE são substâncias de baixo peso molecular, voláteis e constituem os aromas de diversos vegetais chamados espécies aromáticas (SANGWAN et al., 2001). São matéria prima para produção de fármacos, agroquímicos, alimentos, condimentos, perfumaria, higiene e produtos de limpeza (BURT, 2004; EDRIS, 2007; BAKKALI et al., 2008; LUBBE; VERPOORTE, 2011; RAUT; KARUPPAYIL, 2014) e as comercializações internacionais chegam a US\$ 11,67 bilhões e 301 mil toneladas por ano (GRAND VIEW RESEARCH, 2018; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2019).

No entanto, o país pouco aproveita da diversidade de OE das espécies nativas e que mais de 90% da produção nacional de OE são cítricos, de baixo valor agregado (BIZZO et al., 2009) o que resulta em uma média anual de US\$ 49 milhões negativos na balança comercial brasileira de OE não cítricos entre 2008 e 2018 (BRASIL, 2019).

A demanda pelos tradicionais OE como de laranja, limão, menta, eucalipto, citronela, cravo, sassafrás, lavanda e patchouli é crescente, porém aumenta a demanda por novos princípios ativos e por espécies vegetais que possuam altos teores de compostos de interesse para o desenvolvimento de novos produtos, o que torna a pesquisa de espécies nativas essencial (CRAVEIRO; QUEIROZ, 1993; BIZZO et al., 2009; LAWRENCE, 2009).

Esta demanda consolida-se diante a exigência da sociedade pela substituição de produtos sintéticos utilizados como antibióticos, agrotóxicos, medicamentos, condimentos, produtos de higiene e cosméticos que geram preocupação com o ambiente e a saúde humana, por produtos naturais eficientes e ecológicos, além da busca constante da indústria por inovação (SOUTHERN AFRICAN DEVELOPMENT COMMUNITY, 2008; NERIO et al., 2010; LUBBE; VERPOORTE, 2011).

Além do viés macroeconômico, as plantas aromáticas nativas constituem alternativa ao desmatamento, podendo ser cultivadas como PFNM em concomitância com a vegetação nativa (NEGI et al., 2010; MUKUL et al., 2016) e são uma opção de fonte de renda com alto valor agregado para agricultura familiar (SHANLEY et al., 2002).

A criação de uma cadeia comercial de produção de OE de espécies nativas exige uma série de pesquisas que integram a identificação das espécies aromáticas, caracterização dos aspectos fitoquímicos e farmacológicos para

compreensão do potencial de desenvolvimento de produtos e determinação dos aspectos ecológicos e agronômicos que permitam manejo e cultivo (BIZZO et al., 2009).

O bioma Cerrado é reconhecido internacionalmente como um *hotspot* de biodiversidade, é a savana biologicamente mais rica do mundo com 13 mil espécies vegetais nativas, sendo 4,4 mil espécies endêmicas (BRASIL, 2016). Esta biodiversidade vegetal guarda muitas espécies aromáticas (GOTTLIEB, 1972b), no entanto, pouco se sabe sobre a disponibilidade de conhecimento acerca destas espécies (SOUZA et al., 2012; BRASIL, 2016;).

Neste contexto, são apresentados resultados de pesquisa bibliométrica abordando panorama das pesquisas sobre fitoquímica, atividade biológica, ecologia e cultivo de 178 espécies presentes no Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva.

Visou-se contribuir para o melhor entendimento da disponibilidade de conhecimento relativo às espécies aromáticas do Cerrado, abrir novos caminhos para pesquisa científica nesta área e discutir os principais pontos deficientes nos artigos e como elevar a qualidade das pesquisas científicas do país, seu impacto e inovação.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com as espécies vegetais registradas em levantamento florístico por VON LINSINGEN et al. (2006) e atualizado por Aguiar (2010) no Parque Estadual do Cerrado (PEC) (1830,4 ha) localizado em Jaguariaíva, Paraná, Brasil (24°09'S; 50°18'W). O PEC é a única unidade de conservação expressiva do bioma Cerrado no sul do Brasil e apresenta formações de campo Cerrado a Cerradão e altitude entre 800 e 900 m (VON LINSINGEN et al., 2006). O clima desta região, segundo Köppen (1936), é caracterizado como temperado (Cfb), sempre úmido, com temperaturas médias abaixo de 22 °C no mês mais quente e acima de 10 °C nos demais.

Foram avaliadas 531 espécies vegetais fanerógamas nativas pertencentes a 301 gêneros e 93 famílias botânicas, com hábitos de crescimento arbóreo (20,3%), arbustivo (8,1%), subarbustivo (15,1%), herbáceo (47,3%), herbáceo reptante, rupícola, liana, epífita, saprófito e parasita (9,2%).

### 2.2.1 Seleção das espécies de estudo

A identificação da presença de óleos essenciais (OE) foi realizada em duas categorias hierárquicas botânicas: família (n=93) e gênero (n=301).

Foi revisada bibliografia quimiotaxonômica (HEGNAUER, 1962, 1986; GOTTLIEB, 1972a, 1972b; SMITH, 1976; OLIVEIRA et al., 1991; SIMÕES et al., 2003, 2016; SOUZA et al., 2011; BHARGAVA et al., 2013; SINGH, 2016) com vistas a identificar a presença de OE nas famílias botânicas relacionadas na listagem florística do PEC. Adicionalmente, foi realizada pesquisa nas bases de dados Web of Science, Science Direct, Biological Abstracts, Scientific Electronic Library Online, International Pharmaceutical Abstracts, Agricultural Online Access e BioOne utilizando-se o nome destas famílias botânicas como palavra-chave acompanhada de “essential oil”, “terpene”, “monoterpene”, “sesquiterpene”, “diterpene”, “phenylpropanoid” e “volatile”.

Para todas as famílias (n=41) associadas à presença de OE, realizou-se pesquisa complementar utilizando-se o nome dos gêneros reportados para o PEC, nas mesmas bases de dados, para identificar a presença de OE.

As espécies de um mesmo gênero apresentam composição química similar (BHARGAVA et al., 2013) e, desta forma, as 178 espécies pertencentes aos 90 gêneros encontrados como portadores de OE foram aqui consideradas como potenciais portadoras de OE.

### 2.2.2 Pesquisa Bibliométrica

#### 2.2.2.1 Seleção dos artigos científicos

A pesquisa foi realizada numa ampla plataforma de bases de dados visando a mínima exclusão de artigos que pudesse subestimar a realidade do setor e criar um panorama distorcido (GAGNÉ; LAPALME, 2015).

Foram elencados todos os artigos revisados por pares encontrados nas bases de dados citadas acima acrescidas do Sistema Aberto e Integrado de Informação em Agricultura, tendo como palavra-chave o nome científico da espécie, com data de publicação até julho de 2017.

#### 2.2.2.2 Classificação dos artigos

Os artigos foram catalogados no programa Zotero® e classificados nos grupos: quimiotaxonomia, quando da análise entre a classificação biológica das

espécies e sua composição química; farmacognosia, compêndios de informações sobre composição química e usos de produtos naturais; fitoquímica, quando da determinação da composição química da espécie; atividade biológica, as pesquisas relataram resultados de experimentos com evidências diretas de atividades como inseticida, fungicida e antioxidante dos extratos ou compostos isolados das plantas; Ecologia, para os artigos que visam a compreensão das relações das plantas com o meio; Cultivo, para as pesquisas com enfoque agrícola.

#### 2.2.2.3 *Seleção e análise dos dados*

Foi identificado o ano de publicação do artigo, instituição e país do primeiro autor, autores, periódico, Qualis Capes do quadriênio 2013-2016 e índice Journal Citation Report® (JCR) em 2017 do periódico ao qual foi publicado.

O impacto dos artigos foi avaliado por meio da quantidade total de citações (MARTINS, 2017) na base de dados ao qual está inserido e na base de dados do Google Scholar® (HARZING; VAN DER WAL, 2008).

Há diversas formas de avaliação de impacto dos artigos, em geral arbitrárias, com pontos fortes e fracos, e a maioria dos índices utilizam principalmente os dois ou cinco primeiros anos de citações (GALLAGHER; BARNABY, 1998; HUNT et al., 2010; MARICATO; NORONHA, 2012; KIANIFAR et al., 2014; KOSTEAS, 2015; RUSHFORTH; RIJCKE, 2015; JONES, 2016; LARIVIERE; SUGIMOTO, 2018). Como a maioria dos artigos do presente trabalho receberam poucas citações nos primeiros anos, o que dificultaria a diferenciação entre os mesmos, a contagem do número total de citações foi considerada metodologia mais adequada.

A estrutura dos artigos foi avaliada no que tange à justificativa, metodologias e discussão. A justificativa dos artigos foi considerada estruturada quando havia citação de artigo científico revisado por pares que embasasse a escolha do tema e espécie vegetal do trabalho. Neste íterim, as justificativas foram agrupadas pelos principais temas encontrados: quimiotaxonomia, etnobotânica, fitoquímica e farmacologia.

A metodologia dos artigos foi classificada pela presença de critérios considerados importantes para qualidade dos artigos em cada área de pesquisa (VAN DER GREEF; MCBURNEY, 2005; DA et al., 2015; BASU et al., 2017; BISWAS et al., 2017; YEUNG et al., 2018): coleta do material vegetal em



diferentes locais e estações do ano; repetições em anos subsequentes; métodos de secagem; estrato da planta; caracterização química do material vegetal; uso de compostos isolados para determinação de atividade biológica; uso de ensaios *in vivo* e clínicos; mecanismos de ação dos compostos estudados e a criação de novas metodologias de análise.

A discussão dos artigos foi qualificada quando na presença de argumentação sobre as aplicações dos resultados obtidos, rotas de síntese dos compostos encontrados e relação dos resultados da pesquisa com outras áreas do conhecimento científico.

Os resultados foram avaliados de forma global e divididos em fitoquímica, atividade biológica, ecologia e cultivo.

## 2.3 RESULTADOS

### 2.3.1 Panorama

Para 103 espécies foram encontrados 1164 artigos científicos relacionados à fitoquímica, atividade biológica, ecologia e cultivo, porém para 75 espécies não havia qualquer estudo. O número de publicações aumentou desde o ano de 1999 (Figura 4), com média de acréscimo de 20,5% ao ano, com destaque para evolução de 300% entre 2003 e 2012.

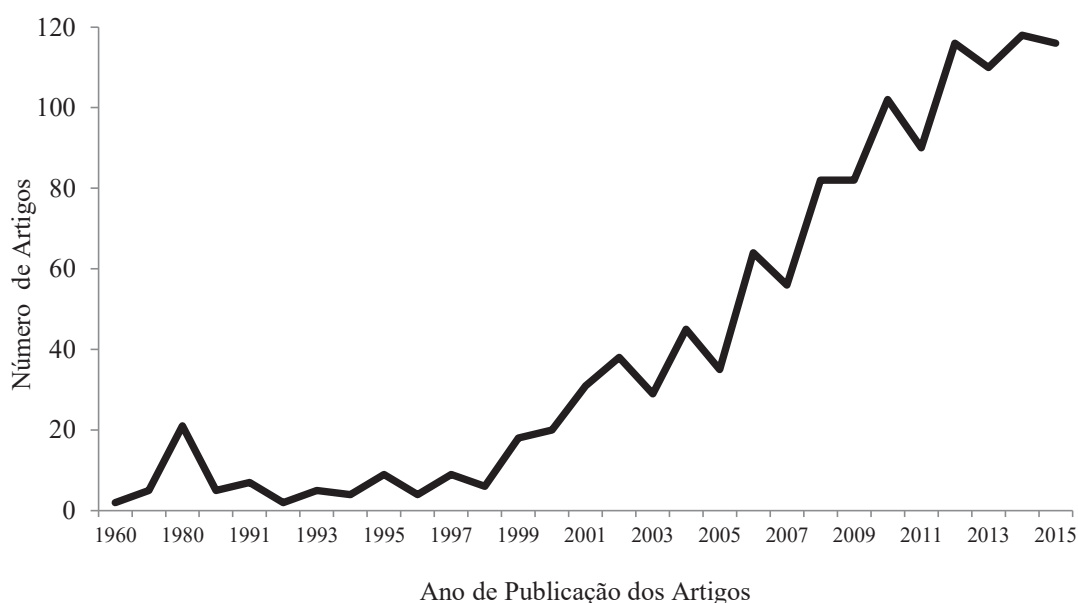


Figura 4: Quantidade de artigos publicados sobre espécies aromáticas encontradas no Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná.

A maioria dos artigos encontrados tratava da atividade biológica das plantas (66,8%) (Figura 5), com enfoque na área farmacêutica, o que condiz com o panorama da produção científica nacional, a qual apresenta no setor farmacêutico um dos principais campos de pesquisa (CROSS et al., 2018).

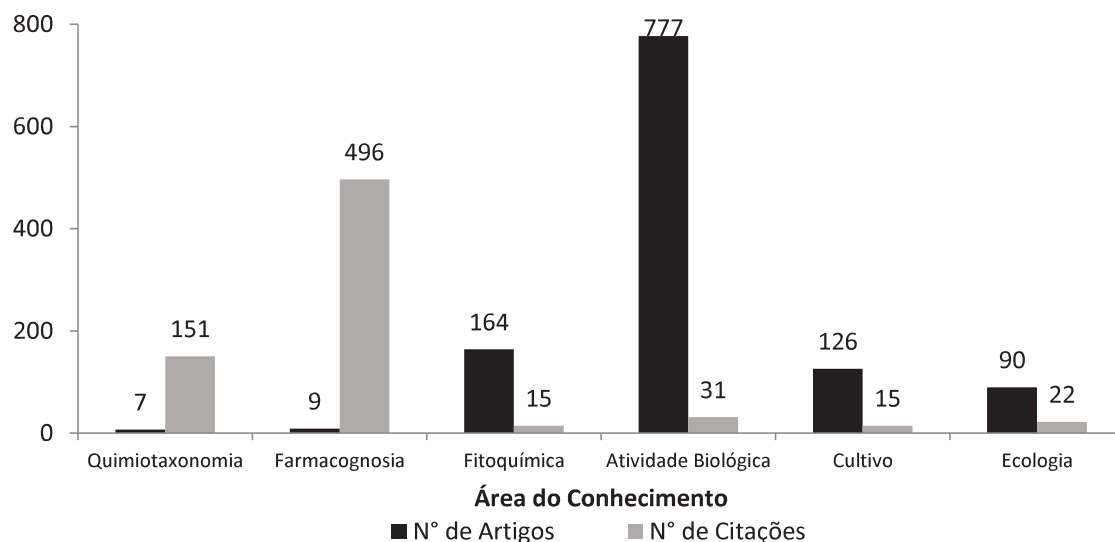


Figura 5: Quantidade de artigos publicados por área do conhecimento sobre espécies aromáticas encontradas no Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná.

Os artigos encontrados possuíam, em média,  $28 \pm 67$  citações por artigo. Havia grande discrepância entre os artigos, com 52 artigos com mais de 100 citações, sendo dois com mais de 1000 citações, enquanto a maior frequência de artigos estava entre 0 e 4 citações, sendo 126 artigos sem nenhuma citação (Figura 6).

A quantidade de citações foi maior nos artigos mais antigos e menor especialmente nos artigos dos últimos 7 anos (Figura 7). Os artigos da área de farmacognosia possuíam, em média, maior número de citações, seguidos pelos artigos associados à quimiotaxonomia (Figura 5).

Foram contabilizados 3613 autores, destes, 77,9% publicaram apenas um artigo e 0,4% publicaram mais de 8 artigos, comportamento esperado conforme a Lei de Lotka (LOTKA, 1926) a qual expõe que poucos autores publicam muitos artigos e muitos autores publicam poucos (EGGHE, 2005; GUEDES; BORSCHIVER, 2005; URBIZAGASTEGUI, 2008), no entanto, mais acentuado que a média mundial (Tabela 6).

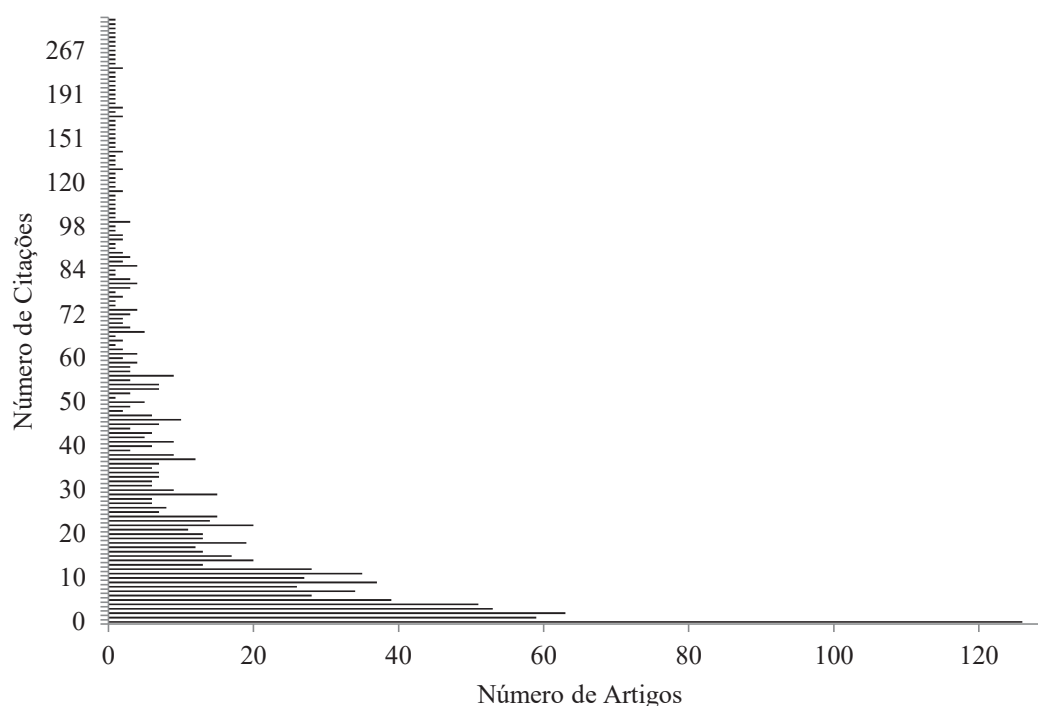


Figura 6: Quantidade de artigos por número de citações sobre espécies aromáticas encontradas no Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná.

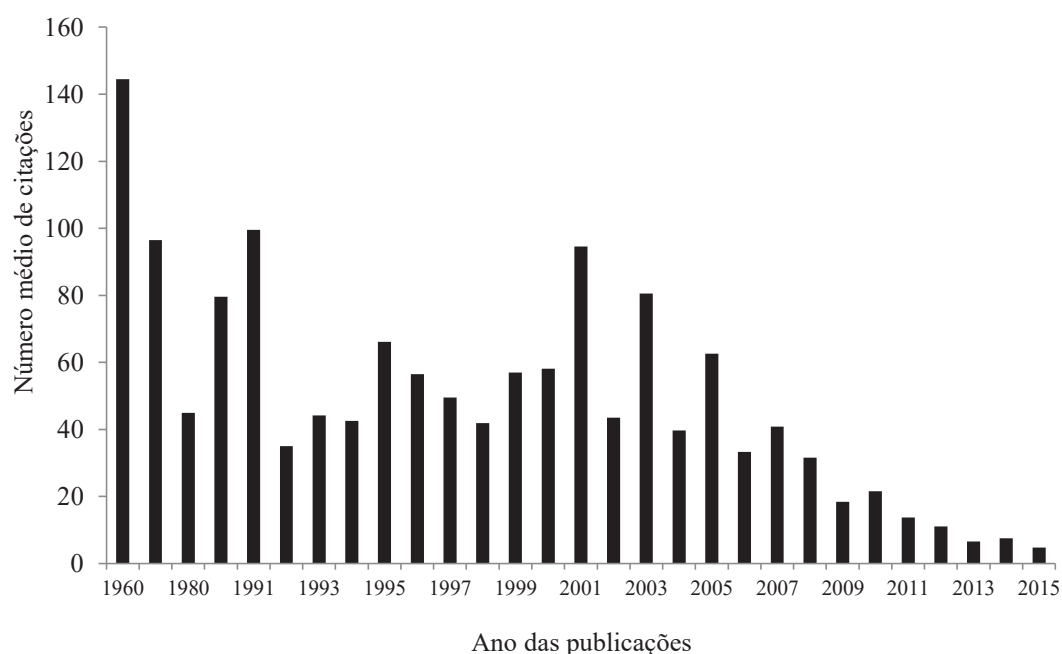


Figura 7: Quantidade de citações pelo ano de publicação dos artigos sobre espécies aromáticas encontradas no Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná.

Tabela 6: Frequência de publicação dos autores sobre espécies aromáticas encontradas no Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná, e comparação com o padrão internacional, segundo Lei de Lotka.

Número de Artigos	Número de Autores	Proporção dos Autores (%)	Padrão internacional Lei de Lotka ( $y=0,6088x^{-2}$ ) (%)
1	2814	77,9	60,80
2	535	14,8	15,20
3	135	3,7	6,80
4	65	1,8	3,80
5	26	0,72	2,43
6	13	0,36	1,69
7	6	0,17	1,24
8	6	0,17	0,95
9	3	0,08	0,75
10	3	0,08	0,61
11	1	0,03	0,50
12	1	0,03	0,42
13	1	0,03	0,36
14	1	0,03	0,31
16	1	0,03	0,24
19	1	0,03	0,17
23	1	0,03	0,12
≥24	0	0,00	3,61
Total	3613	100	100

As principais instituições executoras das pesquisas eram a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Universidade Estadual Paulista (Tabela 7). A UFSC, Universidade Estadual de Maringá e Universidade de São Paulo apresentaram os artigos com maior número de citações.

Tabela 7: Instituições com maior número de artigos e número médio de citações por artigo sobre espécies aromáticas encontradas no Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná.

Instituição	Número de Artigos	Citações por Artigo ( $\bar{x}$ )
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	68	5±6
Universidade Federal de Santa Catarina	57	57±14
Universidade Estadual Paulista	53	39±27
Universidade de São Paulo	46	41±17
Universidade Federal da Grande Dourados	43	28±35
Universidade Federal de São João del-Rei	36	32±27
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	32	30±12
Universidade Federal do ABC	28	26±10
Universidade Federal do Paraná	25	32±48
Universidade Estadual de Campinas	18	32±57
Universidade Estadual de Maringá	13	44±11

A maior parte (76%) das pesquisas foi realizada no Brasil (Tabela 8). As pesquisas sobre quimiotaxonomia são 43% brasileiras, 29% alemãs, 14% indianas e 14% americanas, enquanto 99% dos artigos sobre cultivo e ecologia e todos os trabalhos de farmacognosia foram produzidos no Brasil. Os países com artigos de maior impacto eram Bélgica, Suíça, Taiwan, Alemanha e Japão.

Tabela 8: Quantidade e proporção de artigos por país e número médio de citações por artigo sobre espécies aromáticas encontradas no Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná.

País	Número de Artigos	Proporção (%)	Citações por Artigo ( $\bar{x}$ )
Brasil	856	76	25±35
Índia	25	2,2	46±15
Argentina	24	2,1	37±31
Estados Unidos da América	21	1,9	28±32
México	15	1,3	19±23
Japão	13	1,2	53±38
China	13	1,2	28±5
Colômbia	13	1,2	13±7
Alemanha	11	1	54±15
Malásia	11	1	18±13
Coreia do Sul	10	0,9	46±24
Itália	9	0,8	23±22
Espanha	8	0,7	49±32
Taiwan	7	0,6	63±18
Venezuela	6	0,5	6±4
Bélgica	5	0,4	128±14
Chile	5	0,4	22±32
Suíça	4	0,4	89±21
Camarões	4	0,4	47±12
Paquistão	4	0,4	37±8
Cuba	4	0,4	32±14
França	4	0,4	22±10
África do Sul	4	0,4	13±3
Irã	4	0,4	11±9
Nigéria	4	0,4	4±2

Os artigos foram publicados em 317 periódicos (Tabela 9). Metade das publicações estava associada a 24 periódicos.

A maior parte dos artigos estavam publicados em periódicos classificados pelo Qualis CAPES como A1, A2 e B1 (Tabela 10), sendo os de melhor qualificação com maiores média de citações por artigo e média de JCR, apesar de várias exceções que podem ser observadas nas tabelas 9, 12, 15, 19 e 21.

Em média, os artigos publicados em periódicos com JCR maiores tinham maior impacto (Figura 8). Os periódicos com maior número de artigos possuem

enfoque em etnofarmacologia, etnobotânica, plantas medicinais, fitomedicina e química de plantas.

Tabela 9: País, quantidade, proporção, número médio de citações, Qualis CAPES e Journal Citation Reports® (JCR) dos principais periódicos com publicações sobre espécies aromáticas encontradas no Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná.

Periódico	País	Artigos	Proporção (%)	Citações por Artigo ( $\bar{x}$ )	Qualis CAPES	JCR
Journal of Ethnopharmacology	Irlanda	89	8,1	70±22	A2	3,1
Revista Brasileira de Farmacognosia	Brasil	49	4,5	13±21	B1	1,0
Planta Medica	Alemanha	42	3,8	13±8	A2	2,0
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*	Brasil	41	3,7	5±6	-	-
Phytochemistry	EUA	33	3,0	49±27	A1	2,8
Journal of Essential Oil Research	EUA	29	2,6	8±4	B1	0,9
Revista Brasileira de Plantas Medicinais	Brasil	29	2,6	5±6	B1	-
Food Chemistry	Inglaterra	22	2,0	98±17	A1	4,1
Phytomedicine	Alemanha	19	1,7	34±10	B1	2,9
Pharmaceutical Biology	Holanda	18	1,6	21±9	B1	1,5
Fitoterapia	Itália	18	1,6	46±6	B1	2,4
Acta Botanica Brasilica	Brasil	18	1,6	33±33	B1	0,6
Química Nova	Brasil	16	1,5	11±28	B1	0,6
Planta Daninha	Brasil	16	1,5	16±11	B1	0,4
Phytotherapy Research	Inglaterra	16	1,5	113±32	B1	2,7
Biochemical Systematics and Ecology	Inglaterra	13	1,2	19±13	B1	1,0
Natural product communications	EUA	13	1,2	6±7	B5	0,9
Revista Árvore	Brasil	13	1,2	11±9	B1	0,3
Revista Brasileira de Fruticultura	Brasil	12	1,1	9±4	B1	0,3
Brazilian Journal of Botany	Brasil	11	1,0	37±11	B1	0,7
Ciência Rural	Brasil	10	0,9	6±4	B1	0,4
Food Research International	Canadá	9	0,8	32±19	A1	3,2
Journal of the Brazilian Chemical Society	Brasil	9	0,8	6±2	B1	1,1
Molecules	Suíça	9	0,8	11±8	B1	2,5
Memórias do Instituto Oswaldo Cruz	Brasil	9	0,8	82±17	B1	1,8
Industrial Crops and Products	Holanda	8	0,7	16±7	A2	3,4

\*Foram consideradas as publicações oficiais da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária na base de dados SABIJA.

Tabela 10: Proporção, número médio de citações, valor médio de Journal Citation Reports (JCR) dos artigos classificados por Qualis CAPES.

Qualis CAPES	Proporção (%)	Citações por Artigo ( $\bar{x}$ )	JCR ( $\bar{x}$ )
A1	11	52±21	3,1±1,1
A2	37	29±23	2,1±1
B1	44	22±24	1,1±0,8
B2	3	19±25	0,9±0,7
B3	0,3	12±4	1,2±1,2
B5	4	26±28	1,6±1,1

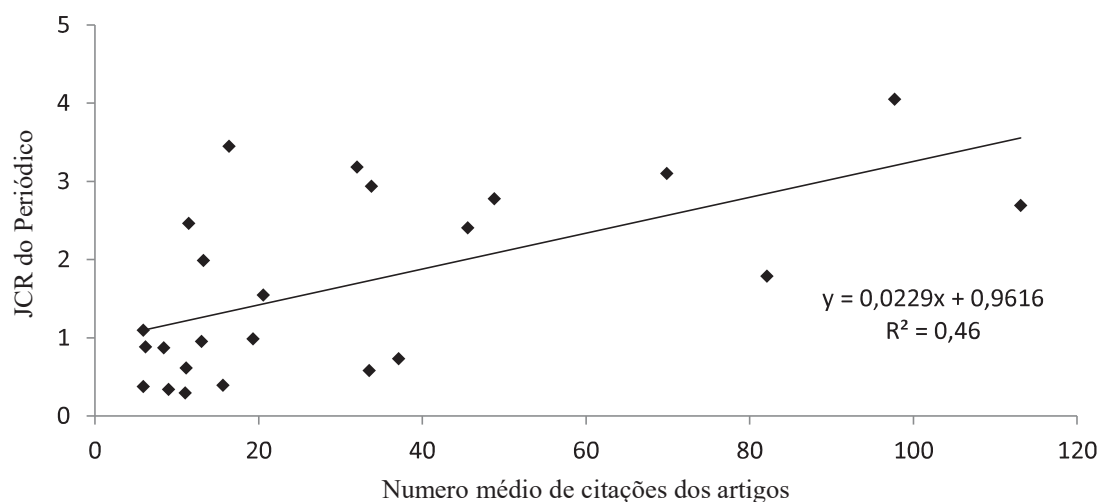


Figura 8: Número médio de citações dos artigos e fator de impacto dos periódicos nos quais foram publicados.

### 2.3.2 Fitoquímica

Havia artigos científicos sobre OE para apenas 71 das 178 espécies. Os artigos relacionados à fitoquímica apresentavam média de  $14,8 \pm 17,7$  citações, 7,9% dos artigos não possuíam citação e 6,1% exibiam mais de 50 citações.

A maioria (67%) das pesquisas foram realizadas no Brasil, no entanto, Alemanha, Índia e Estados Unidos da América compunham importante grupo de países responsáveis por 13% dos estudos (Tabela 11). As pesquisas realizadas na Bélgica, Taiwan, Espanha e Alemanha possuíam maior número de citações.

Tabela 11: Quantidade e proporção de artigos por país onde é vinculado o primeiro autor e número médio de citações por artigo relacionados a fitoquímica de espécies aromáticas reportadas para o Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná.

País	Número de Artigos	Proporção (%)	Citações por Artigo ( $\bar{x}$ )
Brasil	110	67	$14 \pm 23$
Alemanha	9	5	$30 \pm 8$
Índia	7	4	$7 \pm 5$
Estados Unidos da América	5	3	$27 \pm 10$
África do Sul	3	2	$16 \pm 10$
China	3	2	$8 \pm 4$
Argentina	3	2	$6 \pm 4$
Espanha	2	1	$51 \pm 37$
Itália	2	1	$18 \pm 11$
Colômbia	2	1	$5 \pm 3$

*Continua...*



País	Número de Artigos	Proporção (%)	Citações por Artigo ( $\bar{x}$ )
Irã	2	1	1±1
Bélgica	1	0,6	81
Taiwan	1	0,6	67
Sérvia	1	0,6	27
Camarões	1	0,6	22
Canadá	1	0,6	21
Malásia	1	0,6	20
França	1	0,6	18
Venezuela	1	0,6	15
Cuba	1	0,6	12
Quênia	1	0,6	12
Polônia	1	0,6	9
Japão	1	0,6	4
Vietnam	1	0,6	2
Jordânia	1	0,6	0

Quatro periódicos concentravam 42% dos artigos. Os periódicos com maior número de artigos sobre fitoquímica eram específicos da área de química de plantas, em especial as revistas *Journal of Essential Oil Research*, *Phytochemistry*, *Química Nova*, *Biochemical Systematics and Ecology* e *Flavour and Fragrance Journal* (Tabela 12). As revistas de maior impacto para publicação de estudos fitoquímicos foram *Phytochemistry*, *Food Research International*, *Food Chemistry* e *Annals of Botany*, todas classificadas como A1 no Qualis CAPES e com JCR acima de 2,5. Os periódicos com melhor qualificação no sistema Qualis CAPES e com maior JCR apresentavam os artigos com maior número de citações.

A presença de atributos estruturais nos artigos repercutiu no número de citações recebido. Os artigos que possuíam como justificativa artigos de quimiotaxonomia e etnobotânica apresentaram média de  $20 \pm 8$  e  $21 \pm 12$  citações respectivamente, enquanto os demais apenas  $3 \pm 2$  (Tabela 13).

Os artigos que avaliaram diferentes condições de coleta do material vegetal para análise assim como a influência da secagem na composição química das plantas foram mais citados que os demais. A discussão dos dados também elevou o impacto dos artigos.

Tabela 12: País, quantidade e proporção de artigos, número médio de citações por artigo, Qualis CAPES e Journal Citation Reports® (JCR) dos principais periódicos com publicações sobre fitoquímica de espécies aromáticas reportadas para o Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná.

Periódico	País	Artigos	Proporção (%)	Citações por Artigos ( $\bar{x}$ )	Qualis CAPES	JCR
Journal of Essential Oil Research	EUA	28	17,3	9±12	B1	0,9
Phytochemistry	EUA	19	11,7	30±27	A1	2,8
Química Nova	Brasil	11	6,8	11±18	B1	0,6
Biochemical Systematics and Ecology	Inglaterra	10	6,2	18±12	B1	1,0
Flavour and Fragrance Journal	Inglaterra	6	3,7	14±10	A2	1,7
Natural Product Communications	EUA	6	3,7	4±6	B5	0,9
Journal of the Brazilian Chemical Society	Brasil	6	3,7	8±4	B1	1,1
Revista Brasileira de Farmacognosia	Brasil	5	3,1	7±3	B1	1,0
Planta Medica	Alemanha	4	2,5	11±5	A2	2,0
Food Research International	Canadá	3	1,9	26±8	A1	3,2
Chemistry & Biodiversity	Suíça	3	1,9	5±3	B2	1,4
Chemistry of Natural Compounds	EUA	3	1,9	3±2	B2	0,5
Industrial Crops and Products	Holanda	3	1,9	10±4	A2	3,4
Food Chemistry	Inglaterra	2	1,2	36±12	A1	4,1
Journal of Essential Oil Bearing Plants	Índia	2	1,2	3±1	B2	0,3
Experimental Parasitology	EUA	2	1,2	17±5	B1	1,6
Veterinary Parasitology	Holanda	2	1,2	19±9	B2	2,2
Annals of Botany	Inglaterra	2	1,2	46±21	A1	4,0
Journal of the Chilean Chemical Society	Chile	2	1,2	9±3	-	0,4
African Journal of Biotechnology	Quênia	2	1,2	8±2	B1	0,6
Arabian Journal of Chemistry	Arábia Saudita	2	1,2	5±2	B1	3,6
Food Science and Technology	Brasil	2	1,2	12±4	B1	0,7
South African Journal of Botany	África do Sul	1	0,6	3	B1	1,2
FLORA	Alemanha	1	0,6	23	B1	1,6
Zeitschrift für Naturforschung	Alemanha	1	0,6	18	B2	0,7
Parasitology Research	Alemanha	1	0,6	15	B3	2,0

Tabela 13: Fatores relacionados ao maior número de citações de artigos sobre fitoquímica de espécies aromáticas reportadas para o Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná.

Fatores	Proporção dos artigos (%)	Citações por Artigo ( $\bar{x}$ )*
Justificativa	Quimiotaxonomia	10
	Etnobotânica	36
	Ausente	29
Metodologia	Estações do ano	2
	Locais de coleta	7
	Repetições em anos	2
	Secagem	2
	Estrato da planta	7
	Determinação de metodologias	12
Discussão	Aplicações dos Resultados	50
	Rotas de biossíntese	6
	Relação com outras áreas	19

\*O número médio de citações dos artigos sobre fitoquímica era 14,8.

### 2.3.3 Atividade biológica

Foram registrados artigos científicos sobre atividade biológica para apenas 47% das espécies, com média de  $31 \pm 64$  citações por artigo. Cerca de 80% das pesquisas estavam associadas a apenas 13,9% das plantas.

A maioria (71%) das pesquisas são realizadas no Brasil (Tabela 14). Argentina, Índia, Estados Unidos da América, México e Japão compõem grupo de países com 10,7% dos artigos. Índia, Japão, Taiwan, Bélgica e Suíça são os países com artigos mais citados.

Tabela 14: Quantidade e proporção de artigos por país e número médio de citações por artigo relacionados a atividade biológica de espécies aromáticas reportadas para o Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná.

País	Número de Artigos	Proporção (%)	Citações por Artigo ( $\bar{x}$ )
Brasil	527	71	$27 \pm 37$
Argentina	21	3	$42 \pm 23$
Índia	17	2	$64 \pm 12$
Estados Unidos da América	15	2	$27 \pm 19$
México	14	2	$16 \pm 12$
Japão	12	2	$57 \pm 8$
Colômbia	11	1	$14 \pm 6$
Coreia do Sul	10	1	$46 \pm 12$
China	10	1	$34 \pm 13$
Malásia	10	1	$18 \pm 11$
Itália	7	1	$24 \pm 7$
Taiwan	6	0,8	$63 \pm 22$
Espanha	6	0,8	$48 \pm 18$
Chile	5	0,7	$22 \pm 9$
Venezuela	5	0,7	$4 \pm 2$
Bélgica	4	0,5	$140 \pm 68$
Suíça	4	0,5	$90 \pm 47$
Paquistão	4	0,5	$37 \pm 23$
Nigéria	4	0,5	$4 \pm 2$
Camarões	3	0,4	$55 \pm 19$
Cuba	3	0,4	$39 \pm 17$
França	3	0,4	$23 \pm 13$
Irã	2	0,3	$20 \pm 8$

Os periódicos com maior número de artigos publicados são Journal of Ethnopharmacology, Revista Brasileira de Farmacognosia, Planta Medica, Food Chemistry, Phytomedicine e Revista Brasileira de Plantas Medicinais (Tabela 15). As revistas com artigos de maior impacto eram Phytotherapy Research e Food Chemistry.

Tabela 15: Quantidade e proporção de artigos, número médio de citações por artigo, Qualis CAPES e Journal Citation Reports® (JCR) dos principais periódicos com publicações sobre atividade biológica de espécies aromáticas reportadas para o Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná.

Periódico	País	Artigos	Proporção (%)	Citações por Artigos ( $\bar{x}$ )	Qualis CAPES	JCR
Journal of Ethnopharmacology	Irlanda	88	12	69±37	A2	3
Revista Brasileira de Farmacognosia	Brasil	42	6	14±7	B1	1
Planta Medica	Alemanha	38	5	14±16	A2	2
Food Chemistry	Inglaterra	19	3	109±45	A1	4
Phytomedicine	Alemanha	19	3	34±42	B1	3
Revista Brasileira de Plantas Mediciniais	Brasil	19	3	6±2	B1	-
Fitoterapia	Itália	17	2	47±11	B1	2
Pharmaceutical Biology	Holanda	17	2	21±13	B1	2
Phytotherapy Research	Inglaterra	16	2	113±29	B1	3
Phytochemistry	Canadá	13	2	67±19	A1	3
Molecules	Suíça	9	1	11±3	B1	3
Memórias do Instituto Oswaldo Cruz	Brasil	9	1	82±32	B1	2
Journal of Pharmacy and Pharmacology	Inglaterra	8	1	23±9	B1	2
Food and Chemical Toxicology	Inglaterra	8	1	39±9	A1	4
Complementary and Alternative Medicine	Egito	7	1	18±7	A2	2
Latin American Journal of Pharmacy	Argentina	7	1	11±13	B2	0,3
Journal of Medicinal Food	EUA	7	1	25±12	B1	2
Natural Product Communications	EUA	7	1	7±4	B5	1
Food Research International	Canadá	6	0,8	35±15	A1	3
Revista Cubana de Plantas Medicinales	Cuba	6	0,8	1±1	B2	-
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*	Brasil	6	0,8	11±7	-	-
Ciência Rural	Brasil	5	0,7	2±1	B1	0,4
Acta Botanica Brasilica	Brasil	5	0,7	21±12	B1	0,6
Journal of Natural Products	India	5	0,7	20±12	A2	4
Anais da Academia Brasileira de Ciências	Brasil	5	0,7	5±3	A2	0,7
Industrial Crops and Products	Holanda	5	0,7	20±7	A2	3

\*Foram consideradas as publicações oficiais da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária na base de dados SABIJA.

Os artigos com justificativa estruturada possuíam 12 vezes mais citações que os demais. Em sua maioria, os artigos de maior impacto estavam atrelados a estudos prévios de etnobotânica e fitoquímica (Tabela 16), possivelmente por possibilitar inovação e descoberta de atividades biológicas em plantas inéditas (KNAAK; FIUZA, 2010; SILVA, 2010).

A maioria (88%) das pesquisas foi realizada com o extrato das folhas, o que resulta na falta de conhecimento sobre atividade biológica específica dos óleos essenciais e seus constituintes. Havia artigos com avaliação da atividade biológica específica do OE para apenas 31 espécies e estes apresentavam 150% mais citações que a média.

Tabela 16: Fatores relacionados ao maior número de citações de artigos sobre atividade biológica de espécies aromáticas reportadas para o Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná.

	Fatores	Proporção dos artigos (%)	Citações por Artigo ( $\bar{x}$ )*
Justificativa	Fitoquímica	5	59±27
	Etnobotânica	55	43±56
	Ausente	20	3±2
Metodologia	Uso de compostos isolados	12	78±35
	Caracterização do material	37	60±22
	Ensaio <i>in vivo</i> e clínicos	19	91±19
	Mecanismos de Ação	10	108±47
Discussão	Aplicações dos Resultados	35	62±36

\*O número médio de citações dos artigos sobre atividade biológica era 31,3.

Os artigos com ensaios *in vivo* e clínicos e que discutem os mecanismos de ação dos compostos apresentaram número de citações, respectivamente, 191 e 246% maior que a média.

Os 777 artigos foram classificados em 7 atividades biológicas na área agropecuária e 40 na área farmacológica (Tabela 17). A atividade biológica mais expressiva foi anticarcinogênica, com 41 espécies avaliadas, sendo que destas, 29 já possuem estudo sobre fitoquímica do óleo essencial e 25 artigos avaliaram a atividade especificamente no óleo essencial de 13 destas espécies. As demais atividades farmacológicas mais frequentes eram antibacteriano, antifúngico, antioxidante e anti-inflamatório, respectivamente com 9, 7, 6, e 6 espécies com atividade específica do óleo essencial, enquanto as agrícolas mais frequentes foram inseticida, herbicida e fungicida, sendo encontradas 9 espécies com atividade inseticida específica do óleo essencial.

Os artigos mais citados tratam dos temas antiobesidade, hepatoproteção e antioxidantes, com média superior a 50 citações por artigo (Tabela 18).

Tabela 17: Atividades biológicas de extrato e óleo essencial de espécies aromáticas reportadas no Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná.

Atividade Biológica*		Nº Espécies		Extrato		Óleo Essencial	
		Total	Com OE / Sem OE <sup>1</sup>	Espécies	Artigos	Espécies	Artigos
Agropecuária	Inseticida	26	19 7	10 7	21 7	9 -	12 -
	Herbicida	19	10 9	9 9	14 13	1 -	1 -
	Fungicida	12	11 1	8 1	9 1	3 -	4 -
	Anti-helmíntico	4	4 0	4 0	2 0	0 -	0 -
	Moluscicida	5	3 2	2 2	2 2	1 -	1 -
	Indutor de Resistência	1	0 1	0 1	0 5	0 -	0 -
Antibiótico	Antibacteriano	37	30 6	8 6	18 7	9 -	12 -
	Antifúngico	24	18 6	11 6	26 8	7 -	10 -
	Antiprotozoário	19	15 4	11 4	23 6	4 -	5 -
	Antiviral	12	11 1	11 1	13 1	0 -	0 -
	Anti-helmíntico	8	7 1	5 1	7 3	2 -	2 -
	Anticarcinogênico	41	29 12	16 12	42 21	13 -	25 -
	Antioxidante	34	26 8	21 8	89 16	6 -	6 -
	Anti-inflamatório	30	21 9	15 9	27 16	6 -	6 -
	Antinociceptivo	16	12 4	10 4	14 6	2 -	2 -
	Neuroprotetor	5	4 1	4 1	4 2	0 -	0 -
	Antidepressivo	4	3 1	3 1	5 3	0 -	0 -
	Neuromuscular	2	2 0	2 0	2 0	0 -	0 -
	Ansiolítico	2	1 1	1 1	11 4	0 -	0 -
Farmacêutico	Anticolinesterásico	2	2 0	1 0	1 0	1 -	1 -
	Psicotrópico	1	1 0	1 0	3 0	0 -	0 -
	Espasmogênico	1	1 0	1 0	1 0	0 -	0 -
	Antiulcerogênico	17	12 5	8 5	12 7	4 -	7 -
	Hipoglicemiante	12	8 4	8 0	20 0	0 -	0 -
	Antiobesidade	5	5 0	5 0	8 0	0 -	0 -
	Hipocolesterolêmico	5	4 1	4 1	4 2	0 -	0 -
	Antidiarreico	2	1 1	1 1	1 1	0 -	0 -
	Hepatoprotetor	1	1 0	1 0	5 0	1 -	1 -
	Cicatrizante	10	8 2	8 2	17 2	0 -	0 -
	Rejuvenescedor cutâneo	3	2 1	2 1	4 1	0 -	0 -
	Clareador cutâneo	2	2 0	2 0	1 0	0 -	0 -

Continua...

*Continuação...*

Farmacêutico	Sistema Tegumentar	Hiperpigmentante	1	1 0	1 0	2 0	0 -	0 -
		Imunomodulador	8	6 2	6 2	6 2	0 -	0 -
	Sistema Cardiovascular	Anti-hipertensivo	4	4 0	4 0	9 0	0 -	0 -
		Cardioprotetor	4	3 1	3 1	1 2	0 -	0 -
		Antiedematogênico	4	2 2	1 2	6 3	1 -	1 -
	Sistema Urinário	Diurético	2	2 0	2 0	2 0	0 -	0 -
		Renoprotetor	2	0 2	0 2	0 1	0 -	0 -
		Antiurólitase	1	1 0	1 0	5 0	0 -	0 -
		Anti-hiperuricêmico	1	1 0	1 0	1 0	0 -	0 -
		Relaxante muscular	2	2 0	1 0	1 0	1 -	2 -
	Sistema Hematopoiético	Melhoria do sistema hematopoiético	2	1 1	1 1	1 1	0 -	0 -
		Anticoagulante	1	1 0	1 0	1 0	0 -	0 -
		Anti-alérgico	1	1 0	1 0	1 0	0 -	0 -
		Antirreumático	1	1 0	1 0	1 0	0 -	0 -
		Contraceptivo	1	1 0	1 0	1 0	0 -	0 -

\*Conforme descrito nos artigos científicos pesquisados. <sup>1</sup>Espécies para as quais não há pesquisas sobre presença de óleos essenciais.

Tabela 18: Quantidade média de citações por artigo e número de artigos das principais atividades biológicas de espécies aromáticas reportadas para o Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná.

Atividade Biológica	Citações por Artigo ( $\bar{x}$ )	Número de Artigos
Antiobesidade	70±85	5
Hepatoprotetor	61±68	13
Antioxidante	54±32	89
Antiedematogênico	48±12	15
Antiprotozoário	48±42	47
Anti-hipertensivo	40±30	9
Antifúngico	38±17	62
Hipocolesterolêmico	38±32	5
Antiviral	37±12	14
Antibacteriano	31±5	70
Anti-úlceras	30±19	32
Ansiolítico	30±17	15
Anti-inflamatório	26±22	64
Antidepressivo	25±11	9
Anti-hiperglicêmico	25±22	25
Antinociceptivo	24±16	15
Anticarcinogênico	22±8	123
Inseticida	21±7	48
Anti-urolitíase	19±13	5
Neurorregulatório	18±16	7
Indutor de Resistência	14±3	5
Regeneração	14±8	19
Antihelmíntico	9±2	16
Herbicida	7±8	25



### 2.3.4 Ecologia

Os artigos sobre ecologia foram classificados como reprodução, densidade, crescimento, regeneração, distribuição e fenologia. Não haviam artigos em todas as áreas para nenhuma espécie e 42% não estavam relacionadas a qualquer artigo sobre ecologia. Os artigos são concentrados em determinadas áreas e espécies, e cerca de metade dos artigos tratam de apenas 9,7% das espécies e os temas com maior número de artigos e maior número de citações por artigo foram população e propagação (Figura 9).

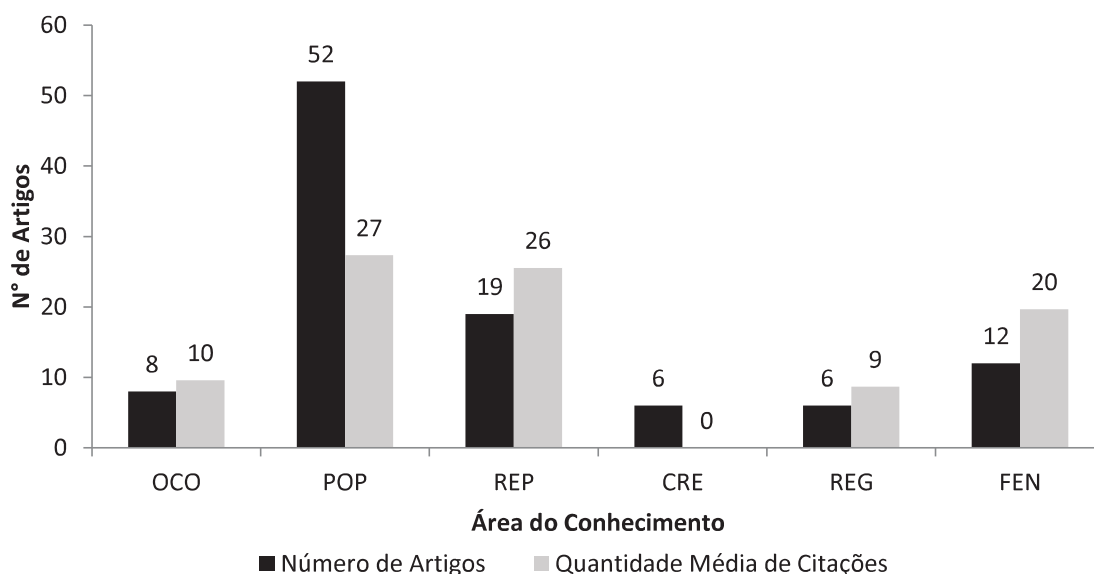


Figura 9: Quantidade de artigos e quantidade média de citações dos artigos sobre ocorrência (OCO), população (POP), reprodução (REP), crescimento (CRE), regeneração (REG) e fenologia (FEN) de algumas espécies aromáticas reportadas para o Parque Estadual do Cerrado.

A EMBRAPA é a principal fonte de publicações, seguido dos periódicos *Acta Botanica Brasilica*, *Brazilian Journal of Botany* e *Planta Daninha* (Tabela 19). As revistas *Brazilian Journal of Biology*, *Revista Brasileira de Botânica* e *Revista Brasileira de Sementes* possuíam os artigos com maior número de citações.

Os artigos com justificativa estruturada apresentavam 337% mais citações que os demais. Os artigos mais citados abordavam a caracterização química e os mecanismos fisiológicos de síntese (Tabela 20). A maioria (53%) dos artigos discutiam as aplicações dos resultados encontrados, entretanto raros (3,3%) tratavam de temas transversais, envolvendo outras áreas do conhecimento científico.

Tabela 19: País, quantidade e proporção de artigos, número médio de citações por artigo, Qualis CAPES e Journal Citation Reports® (JCR) dos principais periódicos com publicações sobre ecologia de espécies aromáticas reportadas para o Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná.

Periódico	País	Artigos	Proporção (%)	Citações por Artigo ( $\bar{x}$ )	Qualis CAPES	JCR
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*	Brasil	14	17	4±8	-	-
Acta Botanica Brasilica	Brasil	11	13	41±36	B1	0,6
Brazilian Journal of Botany	Brasil	10	12	33±27	B1	0,7
Planta Daninha	Brasil	5	6	26±18	B1	0,4
Brazilian Journal of Biology	Brasil	3	4	78±45	B1	0,6
FLORA	Alemanha	3	4	29±22	B1	1,6
Pesquisa Agropecuária Brasileira	Brasil	3	4	18±10	B1	0,6
Revista Brasileira de Botânica	Brasil	2	2	74±18	B2	0,7
Revista Brasileira de Fruticultura	Brasil	2	2	27±13	B1	0,3
Revista Árvore	Brasil	2	2	23±11	B1	0,3
Biota Neotropica	Brasil	2	2	17±9	B1	0,6
Acta Scientiarum	Brasil	2	2	17±3	A2	1,3
Brazilian Archives of Biology and Technology	Brasil	2	2	12±7	B1	0,5
Ciência Rural	Brasil	2	2	8±2	B1	0,4
Ciência Florestal	Brasil	2	2	0,5±0,2	B1	0,2
Revista Brasileira de Sementes	Brasil	1	1	74	B1	-
Biotropica	EUA	1	1	54	A2	1,9
Agriculture, ecosystems & environment	Holanda	1	1	54	A1	3,4
Plant Ecology	Holanda	1	1	47	A2	1,5
Scientia Agricola	Brasil	1	1	44	A1	1,0
Restoration Ecology	EUA	1	1	14	A2	1,9
Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambient	Brasil	1	1	11	B1	0,5
Acta Amazônica	Brasil	1	1	11	B1	0,4
Crop Protection	Inglaterra	1	1	10	B1	1,7
Brazilian Journal of Ornithology	Brasil	1	1	9	B3	0,4

\*Foram consideradas as publicações oficiais da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária na base de dados SABIJA.

Tabela 20: Fatores relacionados ao número de citações de artigos sobre ecologia de espécies aromáticas reportadas para o Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná.

Fatores	Proporção dos artigos (%)	Citações por Artigo ( $\bar{x}$ )*
Justificativa	Fitoquímica	7
	Etnobotânica	26
	Ausente	22
Metodologia	Caracterização química	7
	Mecanismos Fisiológicos	6
	Locais de coleta	7
	Estações do ano	7
	Repetições em anos	5
Discussão	Aplicações dos Resultados	53
	Relação com outras áreas	3

\*O número médio de citações dos artigos sobre ecologia era 22,3.

### 2.3.5 Cultivo

Registrou-se pesquisas sobre cultivo para apenas 40% das espécies. Os artigos foram classificados como propagação, plantio e manejo, desenvolvimento, nutrição, demanda hídrica, radiação solar, fitopatologia, colheita, pós colheita e melhoramento genético. Nenhuma espécie foi contemplada com artigos de todas as áreas. Os temas com maior número de artigos são propagação e nutrição (Figura 10), o que estava de acordo com a exigência inicial de informações para que seja possível iniciar o cultivo das espécies (CORRÊA JÚNIOR et al., 2006). Os artigos sobre irrigação eram os mais citados.

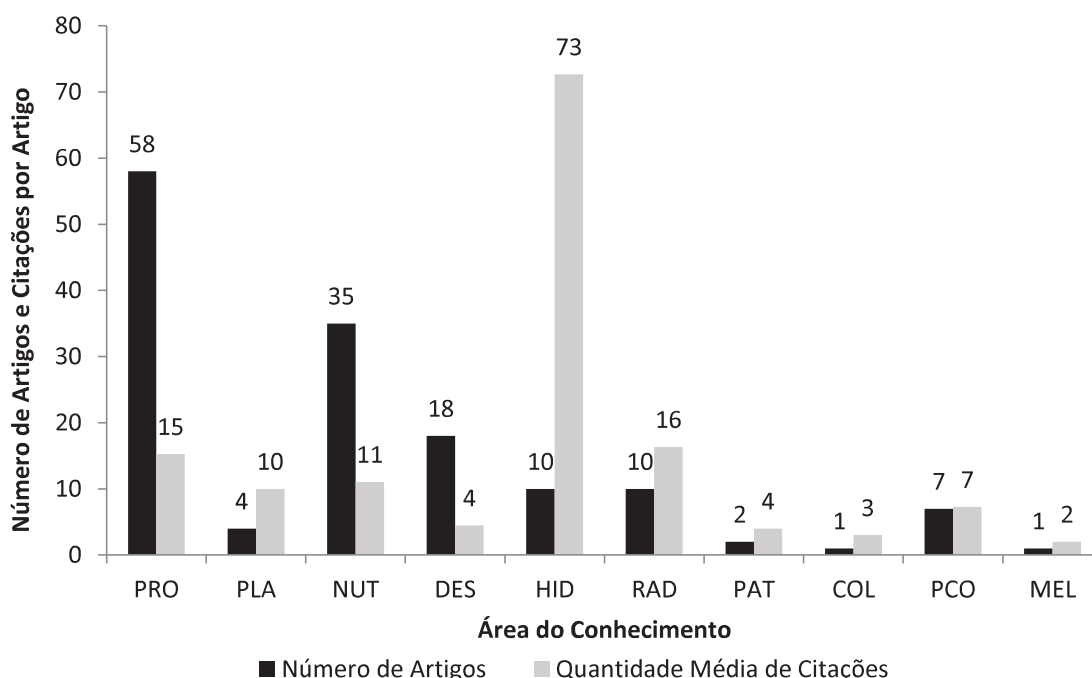


Figura 10: Quantidades de artigos e média de citações dos artigos sobre propagação (PRO), plantio (PLA), nutrição (NUT), desenvolvimento (DES), demanda hídrica (HID), radiação solar (RAD), fitopatologia (PAT), colheita (COL), pós-colheita (PCO) e melhoramento genético (MEL).

As pesquisas estavam concentradas em plantas mais conhecidas e tradicionais. Cerca de 67% dos artigos tratavam de apenas 16% das espécies, enquanto 39% das espécies não foram abordadas em artigo algum.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) é a principal responsável pelas publicações sobre cultivo, com 18% dos artigos (Tabela 21).

A Revista Árvore, Planta Daninha e Revista Brasileira de Plantas Medicinais são os periódicos com maior número de artigos. Os artigos com maior número de citações foram publicados nos periódicos Brazilian Journal of Botany, Acta Botanica Brasilica, Revista Brasileira de Botânica, Revista Brasileira de Ciência do Solo e Pesquisa Agropecuária Brasileira, em geral, as revistas com maior JCR.

Tabela 21: País, quantidade e proporção de artigos, número médio de citações por artigo, Qualis CAPES e Journal Citation Reports® (JCR) dos principais periódicos com publicações sobre cultivo de espécies aromáticas reportadas para o Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná.

Periódico	País	Artigos	Proporção (%)	Citações por Artigo ( $\bar{x}$ )	Qualis CAPES	JCR
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*	Brasil	21	18	5±8	-	-
Revista Árvore	Brasil	10	8	10±7	B1	0,3
Planta daninha	Brasil	9	8	13±17	B1	0,4
Revista Brasileira de Plantas Medicinais	Brasil	8	7	1±2	B1	-
Revista Brasileira de Sementes	Brasil	7	6	15±9	B1	-
Acta Botanica Brasilica	Brasil	6	5	35±17	B1	0,6
Revista Brasileira de Fruticultura	Brasil	6	5	5±3	B1	0,3
Pesquisa Agropecuária Brasileira	Brasil	5	4	28±9	B1	0,6
Ciência e Agrotecnologia	Brasil	3	3	20±8	A2	0,7
Bragantia	Brasil	3	3	17±11	B1	0,5
Ciência Rural	Brasil	3	3	12±8	B1	0,4
Anais da Academia Brasileira de Ciências	Brasil	3	3	8±2	A1	0,7
Revista Brasileira de Botânica	Brasil	2	2	33±13	B2	-
Revista Brasileira de Ciência do Solo	Brasil	2	2	31±11	B1	0,6
Brazilian Archives of Biology and Technology	Brasil	2	2	11±4	B1	0,5
Cerne	Brasil	2	2	6±3	B1	0,2
Pesquisa Agropecuária Tropical	Brasil	2	2	5±2	B1	-
Pesquisa Florestal Brasileira	Brasil	2	2	5±1	B3	-
Revista Brasileira de Farmacognosia	Brasil	2	2	2±3	B1	1,0
Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas	México	2	2	0,5±0,3	-	-
Brazilian Journal of Botany	Brasil	1	1	79	B1	0,7
Engenharia na Agricultura	Brasil	1	1	17	B4	-
Biota Neotropica	Brasil	1	1	14	B1	0,6
Brazilian Journal of Plant Physiology	Brasil	1	1	6	-	-
Cadernos de Agroecologia	Brasil	1	1	0	-	-

\*Foram consideradas as publicações oficiais da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária na base de dados SABIJA.

Os artigos que apresentavam justificativa estruturada possuíam 1630% mais citações que os demais. Apenas 12% dos artigos justificavam o trabalho pela presença de atividade biológica das plantas (Tabela 22).

Tabela 22: Fatores relacionados ao maior número de citações de artigos sobre cultivo de espécies aromáticas reportadas para o Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná.

	Fatores	Proporção dos artigos (%)	Citações por Artigo ( $\bar{x}$ )*
Justificativa	Fitoquímica	24	22±12
	Farmacologia	12	30±7
	Etnobotânica	35	23±5
	Ausente	26	1±1
Metodologia	Caracterização química	6	37±28
	Mecanismos fisiológicos	6	81±17
	Locais de coleta	9	23±9
	Estações do ano	6	27±12
	Repetições em anos	6	19±7
Discussão	Relação com outras áreas	24	33±14
	Aplicações dos Resultados	29	19±8

\*O número médio de citações dos artigos sobre cultivo foi 14,8.

Os artigos que determinavam a concentração dos compostos de interesse alcançados em cada tratamento possuíam 146% mais citações que a média e os que avançavam para a compreensão dos mecanismos fisiológicos e a síntese dos compostos apresentavam 449% acima da média, o que infere a importância de tais análises.

## 2.4 DISCUSSÃO

### 2.4.1 A evolução das publicações

O crescimento no número de publicações observado acompanhou a evolução da produção científica brasileira (FREITAS et al., 2017; FOLHA et al., 2018) e pode decorrer do fortalecimento dos programas de pós-graduação e dos grupos de pesquisa, além do aumento da formação de pós graduados (REGALADO, 2010; LETA, 2012; MUGNAINI et al., 2014;). Houve, também, alguns programas governamentais de fomento a pesquisas sobre o potencial das espécies nativas e o desenvolvimento de tecnologias para o manejo sustentável da biodiversidade, os quais incentivaram o surgimento de diversos grupos de pesquisa e milhares de trabalhos científicos publicados com este tema (BRASIL, 2016; FREITAS et al., 2017).

O crescimento da produção científica nacional partiu de um patamar muito baixo de publicações durante o século XX, o que resulta ainda em baixa quantidade anual de publicações e, principalmente, baixo acúmulo de

conhecimento científico (CROSS et al., 2018). Esta conjuntura é a mesma observada no presente trabalho. Mesmo com o aumento do número de artigos, observou-se baixo conhecimento acerca das espécies, sendo que para 42,1% delas não foi encontrado nenhum artigo publicado. Assim, evidencia-se o baixo conhecimento acerca da biodiversidade presente na região do Cerrado de Jaguariaíva, quando comparado à demais biomas existentes no mundo (LAPP et al., 2011; MOKANY et al., 2011; HORTAL et al., 2015).

O aumento da quantidade de estudos encontrados a partir de 1998 pode, também, dever-se à inclusão dos temas plantas medicinais e fitoterápicos no currículo de cursos de graduação e pós-graduação em agronomia, farmácia, biologia e medicina (FERNANDES, 2004; SENA et al., 2006; FEITOSA et al., 2016; CEOLIN et al., 2017; CORREA et al., 2018; SÁ et al., 2018).

Para além da questão quantitativa, é importante avaliar a qualidade dos artigos, seu impacto e a inovação presente na pesquisa, pois em média as publicações brasileiras ainda são de baixa qualidade (BARATA, 2015; PONTES, 2015; GRECO; MARTINELLI, 2016; BASTOS; FRENKEL, 2017).

Diante o panorama de grande discrepância no impacto dos artigos encontrados nesta pesquisa, torna-se importante compreender os aspectos positivos dos artigos mais citados e os problemas dos artigos menos citados, assim como as incongruências coletivas, em busca de subsidiar elevação da qualidade dos trabalhos futuros, visando maior impacto e inovação (MARICATO; NORONHA, 2012; DONG et al., 2015; BASU et al., 2017; BISWAS et al., 2017; MARTINS, 2017; YEUNG et al., 2018).

## 2.4.2 Pontos fortes e fracos dos artigos

### 2.4.2.1 *Contextualização e justificativas dos trabalhos*

Um dos principais problemas encontrados foi a falta de conexão entre os artigos de áreas da ciência que deveriam ser complementares e a carência de contextualização dos artigos retratado na falta de justificativas para escolha do tema proposto.

Os campos de estudo fitoquímica, atividade biológica, ecologia e cultivo são complementares e constituem um ciclo de pesquisas referentes à produção científica para conservação e uso da biodiversidade (YUNES et al., 2001; BÔAS

et al., 2007; BERLINCK et al., 2017). Desta forma, os artigos deveriam apresentar a conexão entre as áreas, ao menos como justificativa para a pesquisa (LAKATOS; MARCONI, 2011).

Estudos fitoquímicos são base para o desenvolvimento de pesquisas sobre atividades biológicas, como farmacologia (BERLINCK et al., 2017; BÔAS et al., 2007; BRANDÃO et al., 2006), entretanto, apenas 5% das pesquisas sobre atividade biológica citavam como justificativa estudos prévios de fitoquímica. Além disso, 40,5% das pesquisas farmacológicas eram sobre espécies vegetais para as quais não havia estudos fitoquímicos. Assim, constata-se um hiato de conhecimento sobre fitoquímica e desconexão entre as áreas.

Na mesma linha, as pesquisas em ecologia e cultivo deveriam ter algum foco nas espécies identificadas como potenciais pelos estudos de atividade biológica (YUNES et al., 2001; BÔAS et al., 2007; CASTRO; ALBIERO, 2016). No entanto, observou-se panorama distinto. Nenhum artigo sobre ecologia e apenas 11,8% dos artigos sobre cultivo apresentaram como justificativa estudo prévio sobre atividade biológica da espécie. Como resultado, a correlação entre a quantidade de artigos sobre atividade biológica e sobre ecologia e cultivo das espécies avaliadas é de apenas 0,018.

As consequências práticas desta desconexão entre as áreas são o isolamento dos artigos, descontinuidade do desenvolvimento científico e tecnológico, baixo impacto dos artigos e carência de inovação (ALBUQUERQUE, 2009; SOARES et al., 2016; BASTOS; FRENKEL, 2017; COSTA; NUNEZ, 2017).

Outro problema evidenciado é a falta contextualização dos trabalhos, sendo que 21,9% dos artigos não apresentavam qualquer justificativa, como consequência, eram os de menor impacto, com média de 3 citações, enquanto os artigos com justificativa estruturada possuíam em média 35 citações. Este fato pode estar relacionado a falta de conhecimento dos temas de pesquisa por parte dos autores, o que reflete a incipiência de grande parcela dos pesquisadores (MOREIRA, 2004; CRUZ et al., 2015).



#### 2.4.2.2 Aspectos metodológicos dos artigos

Outras consequências da falta de conhecimento dos autores em relação à produção científica na área da pesquisa foi a desconsideração de atributos metodológicos simples que aumentam o adensamento científico e o impacto dos artigos, e a inapropriada repetição de pesquisas com mesma metodologia e resultados em detrimento do desenvolvimento de trabalhos inéditos.

A maior parte das pesquisas fitoquímicas limitaram-se à identificação pontual da composição química das espécies. Apenas 27,4% consideraram fatores que influenciam na composição química das plantas a fim de determinar com maior exatidão temporal e espacial tais informações. Para isso, é necessária a coleta das espécies de estudo em diversos locais, condições edafoclimáticas diferentes, em estações do ano distintas e com as principais formas de beneficiamento, como material fresco, seco à temperatura ambiente e seco em estufa de circulador de ar forçado a 35 °C (BLANCO et al., 2002; CARVALHO FILHO et al., 2006; SEFIDKON et al., 2006; DABAGUE et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2011).

Para *Baccharis dracunculifolia* DC, por exemplo, havia 19 artigos sobre fitoquímica com enfoque na composição do óleo essencial que utilizaram metodologia similar, apenas determinando o teor e composição química do OE de uma amostra. Tal repetição e superficialidade dos artigos científicos podem estar associados à falta de revisão de literatura anterior ao planejamento das pesquisas (ECHER, 2001; MOREIRA, 2004; PIZZANI et al., 2012).

Diante a escassez de recursos disponíveis à produção científica, faz-se mister eficiência nas pesquisas e consequentes publicações (MUGNAINI et al., 2014; CRUZ et al., 2015; SOARES et al., 2016; GONÇALVES et al., 2018). Neste ínterim, é crucial compreender como se dá a construção coletiva do conhecimento científico, realizar revisões bibliográficas sobre o tema de trabalho para inserir adequadamente a pesquisa nas reais lacunas existentes, em busca de trabalhos inovadores e de alto impacto (PÉREZ; TORREGROSA, 1983; MOREIRA, 2004; HUNT et al., 2010; GONÇALVES et al., 2018).

Assim, quanto aos estudos fitoquímicos de *B. dracunculifolia*, na impossibilidade de aprofundamento do trabalho, poder-se-ia trabalhar de forma complementar, cada pesquisa abordando uma parte do tema, como influência da época do ano de coleta na composição do óleo essencial, quimiotipos, estrato

da planta, distintas formas de secagem, localização da síntese e acúmulos de OE nas estruturas foliares e determinação das enzimas relacionadas à produção dos compostos de interesse, por exemplo. Por outro lado, poder-se-ia, com apoio da quimiotaxonomia, encontrar espécies potenciais para estudos inovadores visando a conservação e uso industrial (MISRA; SRIVASTAVA, 2016; SINGH; GEETANJALI, 2018).

Os artigos que avaliam atividade biológica de extratos vegetais são o ponto de partida para descoberta de novos fármacos (DAHANUKAR et al., 2000), no entanto, também havia várias pesquisas análogas, como para a espécie *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, com 11 artigos indicando atividade antioxidante do extrato de folhas. É importante que as pesquisas avancem para avaliação da atividade biológica específica dos OE e de seus compostos isolados para possibilitar a síntese natural ou industrial dos compostos, encontrar outras espécies que apresentem os mesmos compostos, variáveis que influenciam na concentração dos determinados compostos nas plantas e melhoramento genético (VAN DER GREEF; MCBURNEY, 2005; SÄKKINEN et al., 2006; BARBOSA et al., 2012).

Outro exemplo de artigos repetitivos, havia 17 artigos sobre atividade antioxidante do extrato foliar da espécie *Caryocar brasiliense* Cambess. *in vitro*. É essencial que as pesquisas com plantas medicinais avancem para experimentos *in vivo* e clínicos, para que possam haver subsídios suficientes para o desenvolvimento de fitoterápicos ou demais produtos que consolidem inovação (VAN DER GREEF; MCBURNEY, 2005).

A revisão da bibliografia existente na esfera da pesquisa também possibilita ao pesquisador compreender a vanguarda científica e as metodologias mais avançadas disponíveis, em busca de trabalhos inovadores e de maior impacto (ECHER, 2001; GONÇALVES et al., 2018). Neste sentido, observou-se que os trabalhos de maior impacto na área fitoquímica abordavam o desenvolvimento e teste de novas metodologias, enquanto os artigos de maior impacto a respeito de atividades biológicas avançavam para testes *in vivo* ou clínicos, testavam atividade de compostos isolados e buscavam compreender os mecanismos de ação dos princípios ativos testados. As pesquisas relacionadas à ecologia e cultivo tinham na caracterização química e compreensão dos mecanismos fisiológicos os principais impulsionadores do impacto dos artigos.

#### 2.4.2.3 Aproveitamento dos resultados e discussão dos artigos

Para muito além da apresentação dos resultados das pesquisas, há possibilidade da geração de conhecimento pela associação com demais informações existentes na literatura científica (OLIVEIRA et al., 2017). Todavia, somente 18,9% dos artigos sobre fitoquímica associaram seus resultados à outras informações, como botânica, anatomia, fisiologia, biotecnologia e química fina.

Na discussão dos artigos sobre fitoquímica das espécies nativas, poder-se-ia, por exemplo, comparar a composição do OE encontrado ao das demais plantas do mesmo grupo botânico e situar estes compostos em rotas metabólicas disponíveis em bancos de dados como Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (DU et al., 2014; KANEHISA et al., 2016).

Conhecer a localização dos componentes dos OE em rotas metabólicas é importante para possibilitar o uso destes na produção de compostos de interesse comercial. A partir do citral, por exemplo, que pode ser produzido por várias plantas como *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, são sintetizados alfa-metil ionona, isometil ionona, compostos valorizados pela indústria de alimentos, pseudo ionona usada como fragrância, retinol ou ácido retinóico utilizado em cremes antirruga (CRAVEIRO; QUEIROZ, 1993).

Outros bancos de dados podem ser úteis para o planejamento e discussão das pesquisas, como Núcleo de Bioensaios, Ecofisiologia e Biossíntese de Base de Dados de Produtos Naturais (NuBBE<sub>DB</sub>) em que estão disponíveis informações sobre a química de espécies vegetais da biodiversidade brasileira, com informações sobre espécies, composição química, estruturas químicas, atividades biológicas, descritores químicos, espécies fonte de moléculas, localizações geográficas e dados espectroscópicos (PILON et al., 2017).

Cerca de 50,3% dos artigos sobre fitoquímica tão somente apresentavam a composição química das espécies, sem discutir o uso potencial dos compostos encontrados, sendo, na média, os artigos de menor impacto. Revisão bibliográfica sobre os compostos encontrados e modelagem molecular poderiam ser utilizadas para associar tais compostos a atividades biológicas específicas (CARVALHO et al., 2003; BAUTISTA-AGUILERA et al., 2014; SAKLOTH et al., 2015).

Constatou-se, assim, a necessidade de maior aprofundamento por parte dos autores aos temas propostos, revisão da bibliografia existente para o adequado embasamento da pesquisa, estruturação do artigo e possibilitar discussão dos dados encontrados, aumentando as chances dos artigos protagonizarem inovação e alcançarem maior impacto (MOREIRA, 2004; ALBUQUERQUE, 2009; CRUZ et al., 2015).

#### 2.4.3 Autores, institutos de pesquisa e revistas científicas

A falta de domínio do conhecimento científico nas áreas dos estudos por parte dos autores pode dever-se à pouca experiência dos autores com as espécies vegetais estudadas, pois a maioria publicou apenas um artigo sobre alguma das 178 espécies consideradas neste estudo, ao passo que apenas 0,4% dos autores tinham mais de sete artigos publicados.

Segundo Oliveira e Velho (2010), os artigos de maior inovação e impacto costumam ser desenvolvidos por pesquisadores experientes, que trabalham durante muito tempo com o assunto em questão e possuem diversos artigos publicados sobre o tema. Todavia, a produção científica no Brasil é protagonizada por alunos de graduação e pós-graduação, com pouca experiência e, somando-se ao fato de que a temática da pesquisa científica é pouco abordada no ensino básico e até mesmo na graduação, há essencialmente um problema de formação dos pesquisadores (FARIA; GUIMARÃES, 2015; MIRANDA et al., 2016; AUDY, 2017).

A pesquisa científica é a base da inovação e desenvolvimento tecnológico, essencial ao desenvolvimento econômico, à geração de riqueza e melhoria da qualidade de vida (HOLLANDERS; SOETE, 2010; SOLTAN, 2011).

Os países que não participam da vanguarda do desenvolvimento científico estão alheios aos avanços nos padrões de qualidade de vida e são economicamente subalternos em relação aos demais. Há, assim, uma espiral negativa de baixa disponibilidade de recursos para investimento em educação e ciência, reduzido apoio financeiro e social às instituições de pesquisa e à inserção do tema na sociedade, resultando em cada vez maior dependência tecnológica e dificuldades na geração de riquezas (VERCESI et al., 2002; CRUZ;

CHAIMOVICH, 2010; FAGERBERG, 2017; UNGER, 2018). Encontrar maneiras para modificar este panorama é um grande desafio

Segundo SOARES (2018), a solução passa não somente pelo maior volume e melhor distribuição dos recursos, porque o país já possui um dos maiores gastos por pesquisador e por artigo publicado, mas principalmente pela mudança na formação dos pesquisadores.

A formação de pesquisadores não está alinhada aos maiores desafios da sociedade brasileira e é crucial esforço da comunidade científica em relação aos resultados das pesquisas e na formação dos novos pesquisadores no sentido de tornar as pesquisas mais efetivas e pragmáticas às urgências sociais (UNGER, 2010; SOETE et al., 2015; MIRANDA et al., 2016; BOWEN, 2018; SOARES, 2018).

Assim, o fortalecimento dos grupos de pesquisa pode ser um caminho para projetos de investigação científica continuados, com pesquisadores experientes na área, aparelhados e em busca de inovação na área de estudo (REGALADO, 2010; GONÇALVES et al., 2018).

Algumas características dos laboratórios e grupos de pesquisa propiciam aumento da sua interação com a sociedade, como a quantidade de pesquisadores filiados e a multidisciplinaridade, podendo ser atributos prioritários para fomento (NEGRI et al., 2015).

Neste sentido, segundo Pinto et al. (2003) e Oliveira e Velho (2010), o baixo impacto dos artigos brasileiros deve-se, em parte, à característica efêmera dos projetos de pesquisa que, dispersos, acabam resultando em pesquisas descontinuadas, poucas publicações e rara inovação.

O direcionamento por parte do governo via alocação de recursos em áreas prioritárias, a cobrança da sociedade e a aproximação da pesquisa com a extensão podem ser formas de auxiliar a efetivação de pesquisas voltadas à inovação (BOZEMAN; SAREWITZ, 2005; ULNICANE, 2016).

O desenvolvimento de pesquisas aplicadas na solução de problemas da sociedade que a financia, sem negligenciar a pesquisa básica, pode ser uma forma de garantir os avanços em ciência e tecnologia alcançados no país e disseminar a pesquisa científica como investimento de relevância social (VERCESI et al., 2002; SOARES, 2018; UNGER, 2018).

Todavia, a inovação, desenvolvimento de tecnologias e solução de problemas sociais está atrelado a uma demanda de mercado e social com pouco impacto na avaliação dos pesquisadores, sendo esta focada no número de artigos publicados e qualidade do periódico, independente de compreender alguma demanda social ou abordarem temas de relevância nacional. Assim, novas formas de avaliação dos pesquisadores que valorizem temas prioritários podem ser uma estratégia importante (MUGNAINI et al., 2017; OLIVEIRA; AMARAL, 2017; SOARES et al., 2018).

Quase todas as instituições de pesquisa envolvidas no desenvolvimento das pesquisas sobre os artigos encontrados eram públicas, com destaque para Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), universidades federais e universidades estaduais paulistas, revelando que a produção científica neste setor dependia essencialmente do estado. Apenas cinco artigos foram realizados em parceria com empresas privadas, todos relacionados à farmacologia. Este panorama condiz com a conjuntura científica nacional, de infrequente relação com a iniciativa privada e predominância das parcerias no setor farmacêutico (Tabela 22).

Tabela 23: Principais empresas parceiras na produção científica brasileira entre 2011 e 2016 por número de artigos.

Corporação	País	Número de artigos	Fator de impacto	Sector
Petrobras SA	Brasil	190	1,04	Petróleo e Gás
GlaxoSmithKline	Inglaterra	108	6,85	Farmacêutico
Novartis	Suíça	106	4,00	Farmacêutico
Roche Holding	Suíça	81	14,64	Farmacêutico
Pfizer	EUA	79	4,53	Farmacêutico
Merck & Company	EUA	67	7,31	Farmacêutico
Westat	EUA	55	0,86	Serviços
Bayer AG	Alemanha	54	3,66	Farmacêutico
Johnson & Johnson	EUA	54	3,58	Farmacêutico
AstraZeneca	Inglaterra	53	6,64	Farmacêutico
Sanofi-Aventis	França	51	4,68	Farmacêutico
IBM	EUA	49	2,11	Computação
Eli Lilly & Company	EUA	48	3,77	Farmacêutico
Bristol Myers Squibb	EUA	48	11,13	Farmacêutico
Amgen	EUA	38	6,15	Biotecnologia
Johnson & Johnson USA	EUA	33	4,33	Farmacêutico
Genentech	EUA	33	30,37	Farmacêutico
AT&T	EUA	32	1,32	Telecomunicações
Hewlett-Packard	EUA	30	0,96	Software
Bayer Healthcare Pharma	Alemanha	28	4,99	Farmacêutico

Fonte: (CROSS et al., 2018)

A Petrobrás SA é a única empresa brasileira com envolvimento significativo em pesquisa e desenvolvimento e representou em 2013 10% de todo orçamento industrial em ciência e tecnologia (AZEVEDO et al., 2016; CARNEIRO, 2016; CROSS et al., 2018).

O engajamento da iniciativa privada em pesquisa e desenvolvimento, especialmente em parceria com as instituições de pesquisa públicas tradicionais pode ser uma estratégia para dinamizar a produção científica no país (ARBIX, 2010; SILVA, 2013; TIGRE, 2013).

Todavia, incentivos às empresas para investirem em ciência e tecnologia têm sido realizados a partir da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, em especial com a Lei Nacional de Inovação que garante corte de impostos para pequenas e médias empresas investirem em pesquisa, além do apoio da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) por meio de subsídios, não tem resultado em avanço no percentual de publicações nacionais em parceria com empresas privadas no período entre 2011 e 2016 (SÁNCHEZ; PAULA, 2010; BRASIL, 2012; CROSS et al., 2018).

Os artigos desenvolvidos pela EMBRAPA apresentavam baixo impacto, o que pode ser ocasionado, parcialmente, pela maior parte dos trabalhos estarem indexados apenas na base de dados interna da instituição, o Sistema Aberto e Integrado de Informação em Agricultura (SABIIA).

A maior parte dos artigos estava publicada em revistas internacionais. Entretanto, dos 26 periódicos com maior número de publicações, 12 eram brasileiros, com destaque para Revista Brasileira de Farmacognosia, publicações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e Revista Brasileira de Plantas Medicinais.

A internacionalização dos artigos é considerada um avanço da produção científica, entretanto, é importante o desenvolvimento de revistas fortes nacionais, que concentrem a publicação científica de interesse local para facilitar a compilação e o acesso à produção científica por parte da comunidade científica e o fomento de novas pesquisas no setor, facilitando a integração entre as pesquisas em direção à inovação em cada setor (PINTO et al., 2003; FOLHA et al., 2018).

A maior parcela dos artigos estava concentrada em revistas específicas da área de conhecimento. No caso dos artigos sobre fitoquímica, as nove



principais revistas encontradas tratam de química de plantas e plantas medicinais, com destaque para Journal of Essential Oil Research, específica para publicações sobre OE. As publicações desta área estavam mais concentradas (81,2%) em periódicos internacionais, provavelmente pelo interesse global na química de novas espécies.

As publicações sobre atividade biológica encontravam-se 70,6% em revistas internacionais, com destaque para Journal of Ethnopharmacology com 12,1% das publicações. Já os artigos sobre ecologia e cultivo estavam publicados majoritariamente em periódicos nacionais, com destaque para as publicações da EMBRAPA.

O impacto mais elevado encontrado nos artigos sobre farmacognosia e quimiotaxinomia pode dever-se à característica de compêndios de informações, pontos de partida para diversas pesquisas nas áreas química, farmacêutica e agrônoma (EVANS, 2009). Apesar da complexidade envolvida no desenvolvimento de estudos nestas áreas, o alto impacto assinala como áreas importantes para futuras pesquisas, devendo ser fomentadas. Pesquisas nestas áreas eram menos frequentes recentemente, e podem apresentar-se cada vez mais raras.

No mesmo sentido, os trabalhos mais antigos apresentavam contexto de levantamento geral e assinalavam diversos pontos de partida para novas pesquisas, o que poderia justificar o alto número de citações recebido. Já os artigos mais recentes tendem a ser menos citados por estarem menor período disponível ao meio científico (KOSTEAS, 2015) o que pode explicar o menor impacto dos artigos publicados nos entre 2011 e 2016, sendo por este motivo que a maior parte dos índices de impacto utilizem apenas as citações dos primeiros dois anos para qualificar os artigos e periódicos (GALLAGHER; BARNABY, 1998; HARZING; VAN DER WAL, 2008; HUNT et al., 2010).

## 2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve evolução na quantidade de artigos publicados nos últimos 20 anos, todavia sem incremento no impacto e inovação. Há grande discrepância de qualidade nas publicações, uma pequena parcela dos artigos é muito bem estruturada e alcança alto impacto, todavia a maior parte é descontextualizada, superficial, com pouco viés inovador e de baixo impacto.



É necessário esforço por parte dos pesquisadores para o domínio dos temas de pesquisa, busca das principais lacunas de conhecimento e uso de metodologias mais avançadas para possibilitar a geração de conhecimento, tecnologia e inovação.

O fortalecimento dos grupos de pesquisa, a mudança no sistema de avaliação dos pesquisadores e uma nova política de formação de pesquisadores podem ser caminhos para assegurar a evolução da produção científica no país.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, U. P. A qualidade das publicações científicas: considerações de um Editor de área ao final do mandato. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 1, p. 292–296, 2009.

AMADEI, J. R. P.; TORKOMIAN, A. L. V. As patentes nas universidades: análise dos depósitos das universidades públicas paulistas. **Ciência da Informação**, v. 38, n. 2, p. 9–18, 2009.

ARBIX, G. Estratégias de inovação para o desenvolvimento. **Tempo Social**, v. 22, n. 2, p. 167–185, 2010.

AUDY, J. A inovação, o desenvolvimento e o papel da Universidade. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 90, p. 75–87, 2017.

AZEVEDO, P.; CARIO, S. A. F.; MELO, P. A. O desempenho de uma transnacional pública e o desenvolvimento econômico no Brasil: o caso Petrobrás. **Revista Espacios**, v. 37, n. 10, p. 19-32, 2016.

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils: a review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446–475, 2008.

BARATA, G. Em revisão: o impacto da produção científica brasileira para o Brasil. **Ciência e Cultura**, v. 67, n. 4, p. 06–08, 2015.

BARBOSA, V. L. S. DE A.; NÓBREGA, D. R. DE M.; CAVALCANTI, A. L. estudo bibliométrico de pesquisas realizadas com fitoterápicos na odontologia. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, v. 16, n. 2, p. 123–130, 2012.

BASTOS, V. D.; FRENKEL, J. Resultados paradoxais da política de inovação no Brasil. **Revista do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social**, v. 47, p. 359–431, 2017.

BASU, T.; MALLIK, A.; MANDAL, N. Evolving importance of anticancer research using herbal medicine: a scientometric analysis. **Scientometrics**, v. 110, n. 3, p. 1375–1396, 2017.

BAUTISTA-AGUILERA, O. M.; ESTEBAN, G.; BOLEA, I. Design, synthesis, pharmacological evaluation, QSAR analysis, molecular modeling and ADMET of novel donepezil–indolyl hybrids as multipotent cholinesterase/monoamine oxidase inhibitors for the potential treatment of Alzheimer’s disease. **European Journal of Medicinal Chemistry**, v. 75, p. 82–95, 2014.

BERLINCK, R. G. S.; BORGES, W. DE S.; SCOTTI, M. T. The chemistry of natural products in Brazil in the XXI century. **Química Nova**, v. 40, n. 6, p. 706–710, 2017.

BHARGAVA, V. V.; PATEL, S. C.; DESAI, K. S. Importance of terpenoids and essential oils in chemotaxonomic approach. **International Journal of Herbal Medicine**, v. 1, n. 2, p. 14–21, 2013.

BISWAS, B. C.; ROY, A.; SEN, B. K. Economic botany: a bibliometric study. **Malaysian Journal of Library & Information Science**, v. 12, n. 1, p. 23–33, 2017.

BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Brazilian essential oils: general view, developments and perspectives. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 588–594, 2009.

BLANCO, M. C. S. G.; MING, L. C.; MARQUES, M. O. M.; BOVI, O. A. Drying temperature effects in rosemary essential oil content and composition. **Acta Horticulturae**, n. 569, p. 99–103, 2002.

BÔAS, V.; DE KRUSE, G.; GADELHA, C. A. G. Oportunidades na indústria de medicamentos e a lógica do desenvolvimento local baseado nos biomas brasileiros: bases para a discussão de uma política nacional. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, p. 1463–1471, 2007.

BOWEN, H. **Investment in learning: The individual and social value of American higher education**. Nova York: Routledge, 2018. p. 507.

BOZEMAN, B.; SAREWITZ, D. Public values and public failure in US science policy. **Science and Public Policy**, v. 32, n. 2, p. 119–136, 2005.

BRANDÃO, M. G. L.; COSENZA, G. P.; MOREIRA, R. A.; MONTE-MOR, R. L. Medicinal plants and other botanical products from the Brazilian Official Pharmacopoeia. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, n. 3, p. 408–420, 2006.

BRASIL, M. DA C. E T. **Estratégia nacional de ciência, tecnologia e inovação 2012-2015**: balanço das atividades estruturantes, MCTI: Brasília, 2012. 212 p.

BRASIL, Ministério da Indústria e Comércio Exterior. **Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior Brasileiro**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2019.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Quinto relatório nacional para a convenção sobre diversidade biológica**. Brasília: Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2016. 240 p.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 94, n. 3, p. 223–253, 2004.

CARNEIRO, M. F. **Petrobrás no pré-sal: geração de uso de novas tecnologias**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais Aplicadas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

CARVALHO FILHO, J. S. L.; BLANK, A. F.; ALVES, P. B. Influence of the harvesting time, temperature and drying period on basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, n. 1, p. 24–30, 2006.

CARVALHO, I.; PUPO, M. T.; BORGES, Á. D. L.; BERNARDES, L. S. C. Introduction to molecular modeling of drugs in the medicinal chemistry experimental course. **Química Nova**, v. 26, n. 3, p. 428–438, 2003.

CASTRO, R. A.; ALBIERO, A. L. M. O mercado de matérias primas para indústria de fitoterápicos. **Revista Fitos Eletrônica**, v. 10, n. 1, p. 59–72, 2016.

CEOLIN, T.; CEOLIN, S.; BONOW, C. T. Contribuições do curso de plantas medicinais realizado por uma instituição de ensino do sul do Brasil. **Revista Ciência em Extensão**, v. 13, n. 4, p. 77–90, 2017.

CORRÊA JÚNIOR, C.; SCHEFFER, M. C.; MING, L. C. **Cultivo agroecológico de plantas medicinais, aromáticas e condimentares**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2006.

CORREA, N.; SOARES, M. C. F.; MUCCILLO-BAISCH, A. L. Conhecimento do tema plantas medicinais e fitoterápicos como instrumento tecnológico na formação dos acadêmicos de enfermagem. **VITTALLE-Revista de Ciências da Saúde**, v. 30, n. 2, p. 38-46, 2018.

COSTA, R. C.; NUNEZ, C. V. Mercado de bioprodutos fitoterápicos e fitocosméticos: gestão, tecnologias e inovação. **Revista Fitos**, v. 10, n. 3, p. 295-306, 2017.

CRAVEIRO, A.; QUEIROZ, D. Óleos essenciais e química fina. **Química Nova**, v. 16, n. 3, p. 224–228, 1993.

CROSS, D.; THOMSON, S.; SINCLAIR, A. **Research in Brazil**. Clarivate Analytics: Philadelphia, 2018. p. 73.

CRUZ, C. B.; CHAIMOVICH, H. **Brasil. Relatório Unesco sobre ciência**. Paris: The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2010. p. 173.

CRUZ, G. C. S.; SOARES, M. M. R.; HAGUENAUER, C. J. Qualidade na comunicação científica brasileira. **Revista Hipertexto**, v. 5, n. 2, p. 1–14, 2015.

DA, H.; GU, X. J.; XIAO, P. G. **Medicinal plants: chemistry, biology and omics**. Woodhead Publishing: Oxford, 2015. 694 p.

DABAGUE, I. C. M.; DESCHAMPS, C.; MÓGOR, A. F.; SCHEER, A. P.; CÔCCO, L. Essential oil yield and composition of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) rhizomes after different drying periods. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 13, n. 1, p. 79–84, 2011.

DAHANUKAR, S. A.; KULKARNI, R. A.; REGE, N. N.; OTHERS. Pharmacology of medicinal plants and natural products. **Indian Journal of Pharmacology**, v. 32, n. 4, p. 81–118, 2000.

DONG, Y.; JOHNSON, R. A.; CHAWLA, N. V. **Will this paper increase your h-index?: Scientific impact prediction**. Proceedings of the eighth ACM international conference on web search and data mining. ACM, 2015. p.149–158.

DU, J.; YUAN, Z.; MA, Z. KEGG-PATH: Kyoto encyclopedia of genes and genomes-based pathway analysis using a path analysis model. **Molecular BioSystems**, v. 10, n. 9, p. 2441–2447, 2014.

DUTTA, S.; LANVIN, B.; WUNSCH-VINCENT, S. **Global innovation index | energizing the world with innovation**. Ithaca: Cornell University, 2018. p. 430.

ECHER, I. C. A revisão de literatura na construção do trabalho científico. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, v. 22, n. 2, p. 5-20. 2001.

EDRIS, A. E. Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: a review. **Phytotherapy Research**, v. 21, n. 4, p. 308–323, 2007.

EGGHE, L. Zipfian and Lotkaian continuous concentration theory. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 56, n. 9, p. 935–945, 2005.

EVANS, W. C. **Trease and Evans' Pharmacognosy**. Elsevier Health Sciences, ed. 16, 2009. p. 616.

FAGERBERG, J. Innovation policy: Rationales, lessons and challenges. **Journal of Economic Surveys**, v. 31, n. 2, p. 497–512, 2017.

FARIA, E. M.; GUIMARÃES, R. R. M. Excelência com equidade: fatores escolares para o sucesso educacional em circunstâncias desfavoráveis. **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 15, n. 61, p. 192-215, 2015.

FEITOSA, M. H. A.; SOARES, L. L.; BORGES, G. A.; ANDRADE, M. M.; COSTA, S. DE M. Inserção do conteúdo fitoterapia em cursos da área de saúde. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 40, n. 2, p. 197-203, 2016.

FERNANDES, T. M. **Plantas medicinais: memória da ciência no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2004. p. 260.

FOLHA, O. A. D. A. C.; CRUZ, D. M. C.; EMMEL, M. L. G. Mapeamento de artigos publicados por terapeutas ocupacionais brasileiros em periódicos indexados em bases de dados. **Revista de Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo**, v. 28, n. 3, p. 358–367, 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAOSTAT**. 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 13 jan. 2019.

FREITAS, J. E. B.; MAZZETTO, S. E.; DO AMARAL, R. M. Análise bibliométrica da produção científica brasileira e do nordeste em biotecnologia. **Em Questão**, v. 23, n. 3, p. 228–249, 2017.

GAGNÉ, T.; LAPALME, J. Trashing bibliometry? In defence of a unique approach for disciplinary development. **International Journal of Public Health**, v. 60, n. 8, p. 879-880, 2015.

GALLAGHER, E. J.; BARNABY, D. P. Evidence of methodologic bias in the derivation of the science citation index impact factor. **Annals of Emergency Medicine**, v. 31, n. 1, p. 83–86, 1998.

GONÇALVES, C. A. S.; MOURA, E. M.; PADILHA, R.; MAUÉS, O. **Neoliberalismo e Política de C&T no Brasil, um balanço crítico (1995-2016)**. Brasília: Sindicato Nacional dos Docentes das Instituições de Ensino Superior, 2018. p. 144.

GOTTLIEB, O. R. Chemosystematics-method for researching essential oils. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias**, v. 44, p. 9–21, 1972a.

GOTTLIEB, O. R. Chemosystematics of the lauraceae. **Phytochemistry**, v. 11, n. 5, p. 1537–1570, 1972b.

GRAND VIEW RESEARCH. **Essential oils market size, share & trends analysis report by product (orange, corn, mint, eucalyptus, citronella, pepper mint, lemon, clove leaf, lime, spearmint), by application, and segment forecasts**. 2018. Disponível em:

<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/essential-oils-market>.

Acesso em: 19 jun. 2018.

GRECO, L. F.; MARTINELLI, O. O patenteamento de biotecnologias no Brasil: uma avaliação panorâmica da situação recente. **Perspectiva Econômica**, v. 12, n. 2, p. 35–52, 2016.

GUEDES, V. L.; BORSCHIVER, S. Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. **Encontro Nacional de Ciência da Informação**, v. 6, p. 1–18, 2005.

HARZING, A.-W. K.; VAN DER WAL, R. Google scholar as a new source for citation analysis. **Ethics in Science and Environmental Politics**, v. 8, n. 1, p. 61–73, 2008.

HEGNAUER, R. **Chemotaxonomie der Pflanzen**. Birkhauser Verlag: Basel & Stuttgart. v. 1–9, 1962. p. 2431.

HEGNAUER, R. Phytochemistry and plant taxonomy- An essay on the chemotaxonomy of higher plants. **Phytochemistry**, v. 25, n. 7, p. 1519–1535, 1986.

HOLLANDERS, H.; SOETE, L. **O crescente papel do conhecimento na economia global. UNESCO science report, 2010: the current status of science around the world**. Paris: The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization - Executive summary. p.1-34., 2010.

HORTAL, J.; DE BELLO, F.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 46, n. 1, p. 523–549, 2015.

HUNT, G. E.; CLEARY, M.; WALTER, G. Psychiatry and the Hirsch h-index: the relationship between journal impact factors and accrued citations. **Harvard Review of Psychiatry**, v. 18, n. 4, p. 207–219, 2010.

JONES, A. W. Forensic Journals: Bibliometrics and Journal Impact Factors. In: JAMES, J. P.; BYARD, R. W. (Ed. 2) **Encyclopedia of Forensic and Legal Medicine**. Elsevier: Oxford, 2016. p.528–538.

JORGE, M. F.; LOPES, F. V.; BARCELOS, V. Í.; ASSIS, F. L. DE; TRAVASSOS, G. **Indicadores de propriedade industrial 2017. O uso do sistema de propriedade industrial no Brasil**. Brasília: Instituto Nacional da Propriedade Industrial, 2017. p. 78.

KANEHISA, M.; FURUMICHI, M.; TANABE, M.; SATO, Y.; MORISHIMA, K. KEGG: new perspectives on genomes, pathways, diseases and drugs. **Nucleic Acids Research**, v. 45, n.1, p. 353–361, 2016.

KIANIFAR, H.; SADEGHI, R.; ZARIFMAHMOUDI, L. Comparison between impact factor, Eigenfactor metrics, and SCImago journal rank indicator of pediatric neurology journals. **Acta Informatica Medica**, v. 22, n. 2, p. 103–106, 2014.

KNAAK, N.; FIUZA, L. M. Potencial dos óleos essenciais de plantas no controle de insetos e microrganismos. **Neotropical Biology & Conservation**, v. 5, n. 2, p. 120-132, 2010.

KÖPPEN, W. Das geographische system der klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Ed.). **Handbuch der klimatologie**. Gebruder Borntraeger: Berlin, 1936. p. 1-44.

KOSTEAS, V. D. Journal impact factors and month of publication. **Economics Letters**, v. 135, p. 77–79, 2015.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. DE A. **Metodologia científica: ciência e conhecimento científico; métodos científicos; teoria, hipóteses e variáveis; metodologia jurídica**. Atlas: São Paulo, 2011. 314 p.

LAPP, H.; MORRIS, R. A.; CATAPANO, T.; HOBERN, D.; MORRISON, N. Organizing our knowledge of biodiversity. **Bulletin of the American Society for Information Science and Technology**, v. 37, n. 4, p. 38–42, 2011.

LARIVIERE, V.; SUGIMOTO, C. R. **The Journal Impact Factor: A brief history, critique, and discussion of adverse effects**. arXiv:1801.08992 [physics], 2018. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/1801.08992>>. Acesso em: 25 set. 2018.

LAWRENCE, B. M. A Preliminary report on the world production of some selected essential oils and countries. **Perfumer & Flavorist**, v. 34, p. 38-44, 2009.



LETA, J. Brazilian growth in the mainstream science: the role of human resources and national journals. **Journal of Scientometric Research**, v. 1, n. 1, p. 44–52, 2012.

LOTKA, A. J. The frequency distribution of scientific productivity. **Journal of the Washington Academy of Sciences**, v. 16, n. 12, p. 317–323, 1926.

LUBBE, A.; VERPOORTE, R. Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials. **Industrial Crops and Products**, v. 34, n. 1, p. 785–801, 2011.

MARICATO, J. M.; NORONHA, D. P. Indicadores bibliométricos e cientométricos em CT&I: apontamentos históricos, metodológicos e tendências de aplicação. In: J. HAYASHI, MCPI; LETA (Ed.) **Bibliometria e cientometria: reflexões teóricas e interfaces**. Pedro & João: São Carlos, 2012. p. 21–41.

MARTINS, J. F. S. L. C. **The scientific performance of portuguese pharmaceutical industry: a bibliometric analysis**, 2017. Lisboa: Instituto Universitário de Lisboa. Disponível em: <<https://repositorio.iscte-iul.pt/handle/10071/15433>>. Acesso em: 5 jun. 2018.

MIRANDA, J. I. DE R.; SIDULOVICZ, N.; MARTINS MACHADO, D. O desafio da inovação tecnológica dentro da universidade. **RDE-Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 1, n. 1, p. 23-38, 2016.

MISRA, A.; SRIVASTAVA, S. Chemotaxonomy: An approach for conservation and exploration of industrially potential medicinal plants. **Journal of Pharmacognosy and Natural Products**, v. 2, n. 2, p. 108–109, 2016.

MOKANY, K.; HARWOOD, T. D.; OVERTON, J. M.; BARKER, G. M.; FERRIER, S. Combining  $\alpha$  - and  $\beta$  -diversity models to fill gaps in our knowledge of biodiversity. **Ecology Letters**, v. 14, n. 10, p. 1043–1051, 2011.

MOREIRA, W. Revisão de literatura e desenvolvimento científico: conceitos e estratégias para confecção. **Janus**, v. 1, n. 1, p. 20-30, 2004.

MOURA, A. M. M. DE; CAREGNATO, S. E. Co-autoria em artigos e patentes: um estudo da interação entre a produção científica e tecnológica. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 16, n. 2, p. 153–167, 2011.

MUGNAINI, R.; DIGIAMPIETRI, L. A.; MENA-CHALCO, J. P. Comunicação científica no Brasil (1998-2012): indexação, crescimento, fluxo e dispersão. **Transinformação**, v. 26, n. 3, p. 239–252, 2014.

MUGNAINI, R.; FUJINO, A.; KOBASHI, N. Y. **Bibliometria e Cientometria no Brasil: infraestrutura para avaliação da pesquisa científica na Era do Big Data**. São Paulo: ECA/USP, 2017. 218 p.

MUKUL, S. A.; RASHID, A. Z. M. M.; UDDIN, M. B.; KHAN, N. A. Role of non-timber forest products in sustaining forest-based livelihoods and rural households' resilience capacity in and around protected area: a Bangladesh study. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 59, n. 4, p. 628–642, 2016.

NEGI, V. S.; MAIKHURI, R. K.; RAWAT, L. S. Non-timber forest products (NTFPs): a viable option for biodiversity conservation and livelihood enhancement in central Himalaya. **Biodiversity and Conservation**, v. 20, n. 3, p. 545–559, 2010.

NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R.; ALVES, P. F. **University-enterprise interaction in Brazil: the role of the public research infrastructure**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Discussion Paper, n. 206, p. 42, 2015.

NERIO, L. S.; OLIVERO-VERBEL, J.; STASHENKO, E. Repellent activity of essential oils: a review. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 1, p. 372–378, 2010.

OLIVEIRA, F. DE; AKISUE, G.; AKISUE, M. K. **Farmacognosia**. Rio de Janeiro: Atheneu. 1991. p. 426.

OLIVEIRA, M. O. R. D.; LUCE, F. B.; SAMPAIO, C. H. Análise da qualidade dos artigos científicos da área de marketing publicados no Brasil: as pesquisas survey na década de 2000. **Revista Eletrônica de Administração**, v. 23, n. 1, p. 54–87, 2017.

OLIVEIRA, T. M.; AMARAL, L. **Políticas Públicas em Ciência e Tecnologia no Brasil: desafios e propostas para utilização de indicadores na avaliação**. São Paulo: ECA/USP, 2017. p. 157.

OLIVEIRA, M. T. R.; BERBERT, P. A.; MATOS, C. R. R.; MATHIAS, L.; MOREIRA, R. O. Effect of drying-air temperature on content and chemical composition of the essential oil of *Pectis brevipedunculata*. **Química Nova**, v. 34, n. 7, p. 1200–1204, 2011.

OLIVEIRA, R. M.; VELHO, L. M. L. S. Patentes acadêmicas no Brasil: uma análise sobre as universidades públicas paulistas e seus inventores. **Parcerias Estratégicas**, v. 14, n. 29, p. 173–200, 2010.

PÉREZ, D. G.; TORREGROSA, J. M. A model for problem-solving in accordance with scientific methodology. **European Journal of Science Education**, v. 5, n. 4, p. 447–455, 1983.

PILON, A. C.; VALLI, M.; DAMETTO, A. C. NuBBE DB : an updated database to uncover chemical and biological information from Brazilian biodiversity. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 7215, 2017.

PINTO, A. C.; REZENDE, C. M.; GARCEZ, F. R.; EPIFANIO, R. DE A. An overview of the Brazilian natural product community. **Química Nova**, v. 26, n. 6, p. 966–971, 2003.

PIZZANI, L.; SILVA, R. C. DA; BELLO, S. F.; HAYASHI, M. C. P. I. A arte da pesquisa bibliográfica na busca do conhecimento. **Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v. 10, n. 1, p. 53–66, 2012.

PONTES, P. Brazilian scientific production vs. innovation and technology. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 81, n. 4, p. 343–344, 2015.

RAUT, J. S.; KARUPPAYIL, S. M. A status review on the medicinal properties of essential oils. **Industrial Crops and Products**, v. 62, p. 250–264, 2014.

REGALADO, A. Brazilian science: riding a gusher. **American Association for the Advancement of Science**, v. 330, p. 1306-1312, 2010.

RUSHFORTH, A.; RIJCKE, S. accounting for impact? the journal impact factor and the making of biomedical research in the netherlands. **Minerva**, v. 53, n. 2, p. 117–139, 2015.

SÁ, K. M.; LIMA, A. S.; BANDEIRA, M. A. M.; ANDRIOLA, W. B.; NOJOSA, R. T. Avaliando o impacto da política brasileira de plantas medicinais e fitoterápicos

na formação superior da área de saúde. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 13, n. 4, p. 1106–1131, 2018.

SÄKKINEN, M.; MARVOLA, J.; KANERVA, H. Are chitosan formulations mucoadhesive in the human small intestine?: An evaluation based on gamma scintigraphy. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 307, n. 2, p. 285–291, 2006.

SAKLOTH, F.; KOLANOS, R.; MOSIER, P. D. Steric parameters, molecular modeling and hydrophobic interaction analysis of the pharmacology of para-substituted methcathinone analogues. **British Journal of Pharmacology**, v. 172, n. 9, p. 2210–2218, 2015.

SÁNCHEZ, T. W. S.; PAULA, M. C. S. Desafios institucionais para o setor de ciência e tecnologia: o sistema nacional de ciência e inovação tecnológica. **Parcerias Estratégicas**, v. 6, n. 13, p. 42–63, 2010.

SANGWAN, N. S.; FAROOQI, A. H. A.; SHABIH, F.; SANGWAN, R. S. Regulation of essential oil production in plants. **Plant Growth Regulation**, v. 34, n. 1, p. 3–21, 2001.

SANTOS, L. R.; RABELO, D. M. R. S. Produção científica: avaliação, ferramentas e indicadores de qualidade. **Ponto de Acesso**, v. 11, n. 2, p. 3–33, 2017.

SEFIDKON, F.; ABBASI, K.; KHANIKI, G. B. Influence of drying and extraction methods on yield and chemical composition of the essential oil of *Satureja hortensis*. **Food Chemistry**, v. 99, n. 1, p. 19–23, 2006.

SENA, J.; SOARES, M. C. F.; CEZAR-VAZ, M. R.; SENA, Â.; MUCCILLO-BAISCH, A. L. Inclusão do tema plantas medicinais no currículo dos cursos da área da saúde: uma realidade necessária. **Revista Mineira de Enfermagem**, v. 10, n. 3, p. 280–286, 2006.

SHANLEY, P.; LUZ, L.; SWINGLAND, I. R. The faint promise of a distant market: a survey of Belém's trade in non-timber forest products. **Biodiversity & Conservation**, v. 11, n. 4, p. 615–636, 2002.

SILVA, D. F. Pools de Patentes: Tópicos Relevantes para Defesa do Interesse Público. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, v. 4, n. 1, p. 1–34, 2013.

SILVA, N. C. C. **Estudo comparativo da ação antimicrobiana de extratos e óleos essenciais de plantas medicinais e sinergismo com drogas antimicrobianas**. 69 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Geral e Aplicada) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

SIMÕES, C. M. O. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Editora da UFSC: Florianópolis, 2007. 1102 p.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento—Produtos de origem vegetal e o desenvolvimento de medicamentos**. Porto Alegre: Editora UFRGS, ed. 4, 2003. p. 1123.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; DE MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2016. p. 502.

SINGH, R. Chemotaxonomy: a tool for plant classification. **Journal of Medicinal Plants**, v. 4, n. 2, p. 90–93, 2016.

SINGH, R.; GEETANJALI. **Chapter 6 - Chemotaxonomy of Medicinal Plants: Possibilities and Limitations**. In: S. C. Mandal; V. Mandal; T. Konishi (Orgs.); Natural Products and Drug Discovery: An Integrated Approach. Elsevier: Oxford. 2018. p. 119–136.

SMITH, P. M. **The Chemotaxonomy of Plants**. Edward Arnold: London, 1976. 313 p.

SOARES, P. B.; CARNEIRO, T. C. J.; CALMON, J. L. Bibliometric analysis of the brazilian scientific production on building and construction technologies in the Web of Science database. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 175–185, 2016.

SOARES, P. C. Contradições na pesquisa e pós-graduação no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 92, p. 289–313, 2018.

SOETE, L.; SCHNEEGANS, S.; ERÖCAL, D.; ANGATHEVAR, B.; RASIAH, R. 1. **A world in search of an effective growth strategy**. Paris: The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization science report: towards 2030, 2015. p. 21.

SOLTAN, K. E. A Civic Science. **The Good Society**, v. 20, n. 1, p. 102–118, 2011.

SOUTHERN AFRICAN DEVELOPMENT COMMUNITY. **Trade Information Brief: Essential Oils**. 2008. Disponível em: <<http://www.sadctrade.org/tib/essentialoils>>. Acesso em: 19 jan. 2017.

SOUZA, G. H. B.; MELLO, J. C. P.; LOPES, N. P. **Farmacognosia: coletânea científica**. Ouro Preto: Editora UFOP, 2011. p. 376.

TIGRE, P. **Gestão da inovação**: a economia da tecnologia no Brasil. Elsevier Brasil: Rio de Janeiro, 2013. p. 363.

ULNICANE, I. “Grand Challenges” concept: a return of the ‘big ideas’ in science, technology and innovation policy? **International Journal of Foresight and Innovation Policy**, v. 11, n. 1-3, p. 5-21, 2016.

UNGER, R. M. **Free trade reimagined: the world division of labor and the method of economics**. 1º ed. Princeton: Princeton University Press, 2010. p. 240.

UNGER, R. M. **Depois do colonialismo mental: repensar e reorganizar o Brasil**. 1º ed. São Paulo: Autonomia Literária, 2018. p. 320.

URBIZAGASTEGUI, R. A produtividade dos autores sobre a lei de Lotka. **Ciência da Informação**, v. 37, n. 2, p. 87–102, 2008.

VAN DER GREEF, J.; MCBURNEY, R. N. Rescuing drug discovery: in vivo systems pathology and systems pharmacology. **Nature Reviews Drug Discovery**, v. 4, n. 12, p. 961–967, 2005.

VERCESI, A., HOGAN, D. J., CHAMBOULEYRON, I. Os desafios da pesquisa no Brasil. **Caderno Temático**, v. 3, n. 12, p.1-4, 2002.

YEUNG, A. W. K.; MOCAN, A.; ATANASOV, A. G. Let food be thy medicine and medicine be thy food: a bibliometric analysis of the most cited papers focusing on nutraceuticals and functional foods. **Food Chemistry**, v. 269, p. 455–465, 2018.

YUNES, R. A.; PEDROSA, R. C.; CECHINEL FILHO, V. Fármacos e fitoterápicos: a necessidade do desenvolvimento da indústria de fitoterápicos e fitofármacos no Brasil. **Química Nova**, v. 24, n. 1, p. 147–152, 2001.

### 3 FENOLOGIA E PROPAGAÇÃO SEXUADA DE *Elephantopus mollis* KUNTH.

#### RESUMO

*Elephantopus mollis* Kunth. é uma espécie aromática nativa potencial para uso farmacêutico com atividade anticarcinogênica, anti-inflamatória e antileishmaniose e sete pedidos de patente para uso fitoterápico. Visando subsidiar a exploração comercial da espécie, objetivou-se avaliar a fenologia, produção e germinação de sementes de *E. mollis*. Foi avaliada semanalmente a fenologia de nove populações e determinado o período de emissão de folhas, emissão de pedúnculo floral, antese, maturação e dispersão das sementes e emergência de plântulas entre julho de 2015 e julho de 2017 e comparado com as condições edafoclimáticas dos locais. Para cada população avaliada, foram coletados capítulos florais e beneficiados com auxílio de peneiras e soprador de sementes e realizados teste de pureza, peso de mil sementes e germinação sobre papel umedecido em placa de Petri a 25 °C com fotoperíodo de 16 horas com avaliação diária e calculado percentual germinativo, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e entropia. Paralelamente foi realizado teste de germinação em distintas condições de temperatura, luminosidade e salinidade. Observou-se que a espécie é perene, policárpica, de desenvolvimento vegetativo e florescimento distribuído ao longo das estações quentes e chuvosas, com grande produção de sementes e formação de banco de sementes no solo. As sementes apresentaram dormência primária rapidamente superada, fotoblastismo neutro, germinação epígea e rápida germinação e emergência. As sementes germinam entre as temperaturas de 20 a 35 °C e são muito sensíveis à salinidade, com drástica redução da germinação em potencial hídrico inferior a -0,125 MPa. Os solos com pH acima de 5,5 e saturação por bases superior a 70 % proporcionam maior período de desenvolvimento vegetativo da espécie e produção de sementes em maior quantidade e qualidade.

**Palavras-chave:** Cultivo, planta medicinal, planta aromática, fitoterápico, Asteraceae, erva grossa.

#### ABSTRACT

*Elephantopus mollis* Kunth. is a potential native aromatic species for pharmaceutical use with anticarcinogenic, anti-inflammatory and antileishmanial activity and have seven patent applications for phytotherapeutic use. To subsidize the commercial exploitation of the species, the objective was to evaluate the phenology, seed production and seed germination of *E. mollis*. The phenology of nine populations was evaluated weekly and the leaf emission



period, floral peduncle emission, anthesis, maturation and dispersion of the seeds and seedling emergence were determined between July 2015 and July 2017 and compared to the edaphoclimatic conditions of the sites. For each population evaluated, floral chapters were collected and benefited with the aid of sieves and seed blower and performed a test of purity, weight of one thousand seeds and germination on paper moistened in Petri dishes at 25 ° C with photoperiod of 16 hours with germination percentage, germination velocity index, mean germination time and entropy. At the same time a germination test was carried out in different conditions of temperature, luminosity and salinity. *E. mollis* is a perennial species, polycarpic, vegetative development and flowering distributed throughout the hot and rainy seasons, with great seed production and formation of seed bank in the soil. The seeds had early dormancy rapidly overcome, neutral photoblastic, epigeal germination and present fast germination and emergence. The seeds germinate in temperatures between 20 to 35 ° C and are very sensitive to salinity, with drastic reduction of the germination in water potential of -0.1875 MPa. Soils with higher pH (>5,5) and base saturation (>70 %) provided greater period of development of the species and seed production in higher quantity and quality.

Key words: Medicinal plants, aromatic plants, phytotherapeutic drug, Asteraceae, tobacco weed.

### 3.1 INTRODUÇÃO

A erva grossa, *Elephantopus mollis* Kunth., é uma espécie herbácea, terrícola e rupícola, eucotiledônea, alógama, aromática, da família Asteraceae (LORENZI; MATOS, 2002; EMPINOTTI; DUARTE, 2008; TABOPDA et al., 2008; SOUZA, 2015).

Nativa da América do Sul (FAVRETO et al., 2007; MONTELES; PINHEIRO, 2007; MARTINS et al., 2011), apresenta-se desde a Argentina aos Estados Unidos da América (SÁNCHEZ; LUPO, 2009; FAXINA et al., 2015), sendo considerada espécie invasora em outros locais do mundo como Taiwan (SHAN; HSIANG, 2005).

Apresenta filotaxia basal rosulada, pecíolos curtos ou sésseis, folha lanceolada elíptica, com margem levemente crenada e nervura não proeminente. Inflorescências em glomérulos terminais, flor com lóbulos papilosos e ramos dos estiletes papilosos. Os frutos são cipselas (aquênios) fusiformes com 10 costeladas, indumento de tricomas bisseriados, carpopódio assimétrico, pápus

cerdoso-barbelado, unisseriado e persistente (EMPINOTTI; DUARTE, 2008; SOUZA, 2015).

É utilizada popularmente para tratamento de dores de cabeça (CROVETTO, 2016), doenças relacionadas ao aparelho geniturinário (MONTELES; PINHEIRO, 2007), hepatite (LIN et al., 1995), febre, reumatismo, pedra nos rins, dores inflamatórias, bronquite, asma, tosse (MENTZ et al., 1997; SILVA, 2007; RODRIGUES; CARVALHO, 2008) e coqueluche (MENTZ et al., 1997) além do uso como cicatrizante (COSTA, 2002).

Pesquisas farmacológicas têm sido realizadas para o desenvolvimento de fitoterápicos, com enfoque na atividade anticarcinogênica das lactonas sesquiterpênicas, constituintes do óleo essencial da espécie (LEE et al., 1973,1975; JAKUPOVIC et al., 1987; SIEDLE et al., 2003; TABOPDA et al., 2007; ANESINI et al., 2018; TABOPDA et al., 2008; KITSON et al., 2009; HASEGAWA et al., 2010; OOI et al., 2014; SHAO et al., 2016; SZNARKOWSKA et al., 2016; CASTELLANO et al., 2017; DUTT et al., 2017; HUANG et al., 2018; KUETE et al., 2017; BABAEI et al., 2018; BENARBA; PANDIELLA, 2018; LIU et al., 2018b).

Outros potenciais usos farmacêuticos também têm sido pesquisados para *E. mollis*, incluindo atividade hepatoprotetora (LIN et al., 1991) antioxidante (CLEMES et al., 2015), neuroprotetora (TIAN et al., 2016), anti-inflamatória (HALL et al., 1979; HOU et al., 2012; WU et al., 2017) tratamento de hepatite (LIN et al., 1990), síndrome metabólica (WIART, 2017), leucemia (KHAJAPEER; BASKARAN, 2016), anti-caspa (JUNJUN, 2016), inibição da produção de melanina e pigmentação da pele (TAKASHI, 2016), antimicrobiana, antileishmaniose, regeneração óssea (FUCHINO et al., 2001; KABIRU et al., 2013; SOSA et al., 2016) hipotermiante, efeito sobre o trânsito intestinal e anti-hipertensivo (POLI et al., 1992) e há sete pedidos de patente na European Patent Office para uso da planta como fitoterápico (KONDO et al., 2000; UMISHIO et al., 2006; MEDEIROS et al., 2008; HOU et al., 2012; LI et al., 2016a, 2016b).

No entanto, o aproveitamento deste potencial depende de conhecimento científico e tecnológico de modo a garantir o fornecimento de matéria prima em quantidade e qualidade suficientes para o desenvolvimento de produtos comerciais (YUNES et al., 2001; BÔAS et al., 2007; MACEDO; GEMAL, 2009;

KLEIN et al., 2010; FIGUEREDO et al., 2014; CASTRO; ALBIERO, 2016; COSTA; NUNEZ, 2016).

Nesta perspectiva, destacam-se pesquisas em fenologia e propagação como os primeiros passos para subsidiar a produção de uma espécie (BERGER; LUDWIG, 2014; MARES et al., 2016; TASSEL et al., 2017; KANTAR et al., 2018). Os estudos sobre propagação são essenciais para garantir a obtenção de suficiente população com qualidades fisiológica, genética, física e sanitárias, economicamente viável e ambientalmente segura (KOCKELMANN et al., 2010; ZAMARIOLA et al., 2014).

A pesquisa fenológica busca compreender as fases recorrentes do ciclo de vida como emergência, emissão de folhas, florescimento, maturação e dispersão de frutos e sua correlação com o tempo, clima e solo, informações essenciais para embasar exploração de uma espécie vegetal (FERRAZ et al., 1999; DENNY et al., 2014; WHITE et al., 2014; KANDASAMY; FERNANDES, 2015; SNYDER et al., 2016).

Frente à lacuna deste tipo de conhecimento para *E. mollis* e visando subsidiar o aproveitamento do seu potencial farmacológico, apresentam-se resultados de pesquisa sobre os padrões fenológicos de nove populações de *E. mollis* e as características da germinação de sementes e emergência de plântulas.

Objetivou-se avaliar a dinâmica e variabilidade fenológica em populações em condições edafoclimáticas distintas. Também, as melhores condições para produção e germinação das sementes.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Fenologia

Foram avaliadas semanalmente plantas (n=50) de nove populações (Tabela 24) entre julho de 2015 e julho de 2017.

Os dados climáticos do período da pesquisa foram fornecidos pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) para Curitiba (Figura 11) e Pinhais (Figura 12) e pelo Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM) para São José (Figura 13).

Tabela 24: Coordenadas, formação vegetal, altitude e clima dos locais de coleta das populações de *E. mollis* avaliadas.

Local	População	Coordenadas	Cobertura Vegetal	Altitude (m)	Clima
Curitiba PR	1	25°24'59.5"S 49°14'59.7"W	Capoeirinha	915	Cfb de Köppen, subtropical úmido, com ocorrência de precipitação significativa em todos os meses do ano, mesotérmico com verões frescos (temperatura média do mês mais quente menor que 22 °C) e geadas severas demasiadamente frequentes.
	2	25°24'44.8"S 49°15'00.7"W	Capoeirinha <sup>1</sup>	911	
	3	25°26'49.4"S 49°14'15.5"W	Capoeirão	933	
Pinhais PR	4	25°23'02.7"S 49°07'42.7"W	Capoeirão	912	
	5	25°23'15.1"S 49°07'41.9"W	Capoeirinha <sup>2</sup>	935	
	6	25°23'39.6"S 49°08'23.0"W	Beira de mata	922	
São José SC	7	27°32'37.9"S 48°39'44.0"W	Capoeirão	47	Cfa de Köppen, subtropical úmido, sem estação seca definida, com inverno brando (temperatura média do mês mais frio superior a 10 °C) e verão quente (temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C)
	8	27°32'34.4"S 48°39'38.4"W	Capoeira	95	
	9	27°33'13.5"S 48°39'24.8"W	Capoeirinha <sup>2</sup>	22	

Áreas antropizadas: <sup>1</sup>Aterro urbano, <sup>2</sup>Área de cultivo agrícola. Cobertura vegetal classificada segundo Salomão et al., (2012).

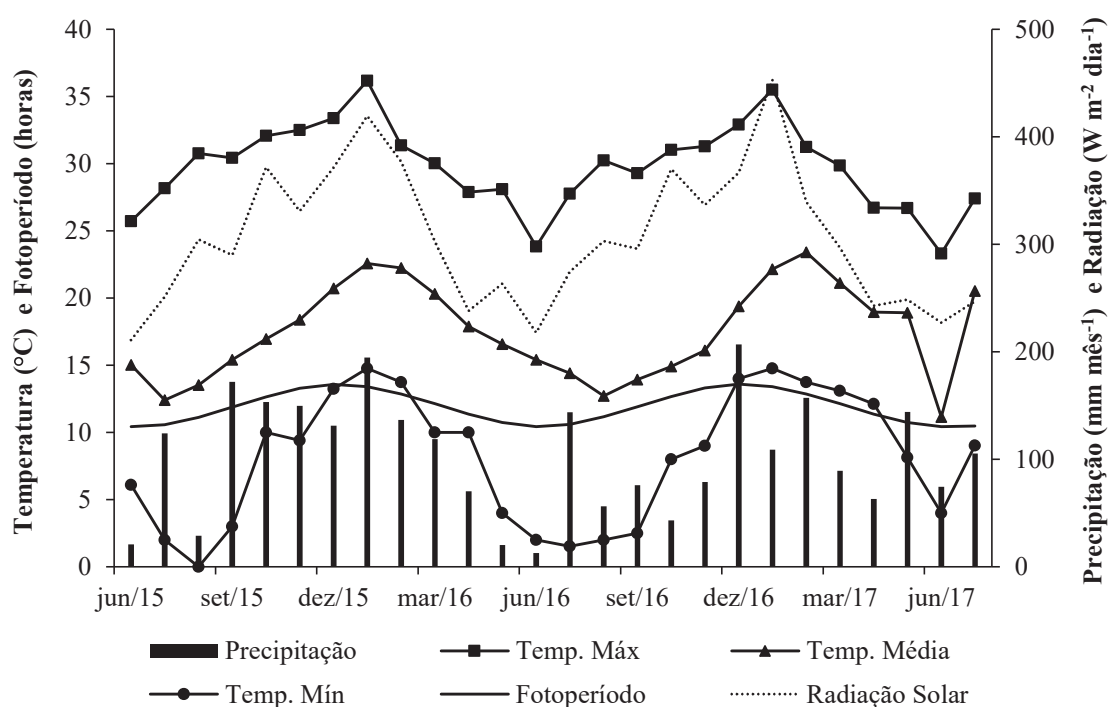


Figura 11: Temperaturas máxima, média e mínima, fotoperíodo, precipitação e radiação solar em Curitiba, Paraná.

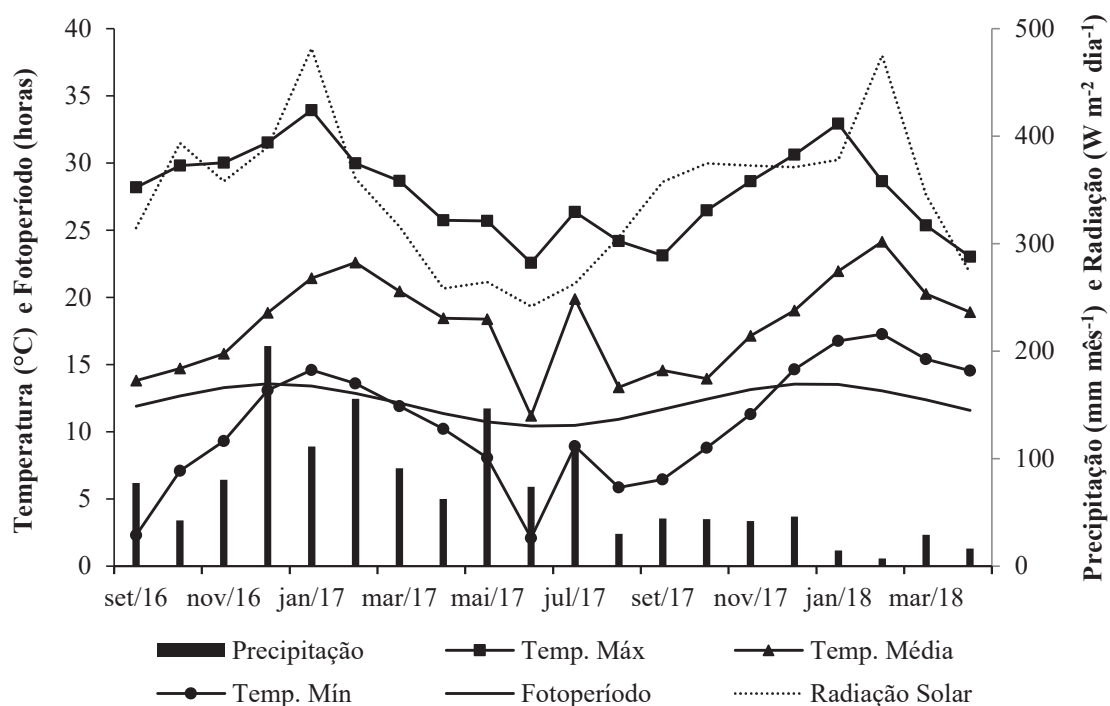


Figura 12: Temperaturas máxima, média e mínima, fotoperíodo, precipitação e radiação solar em Pinhais, Paraná.

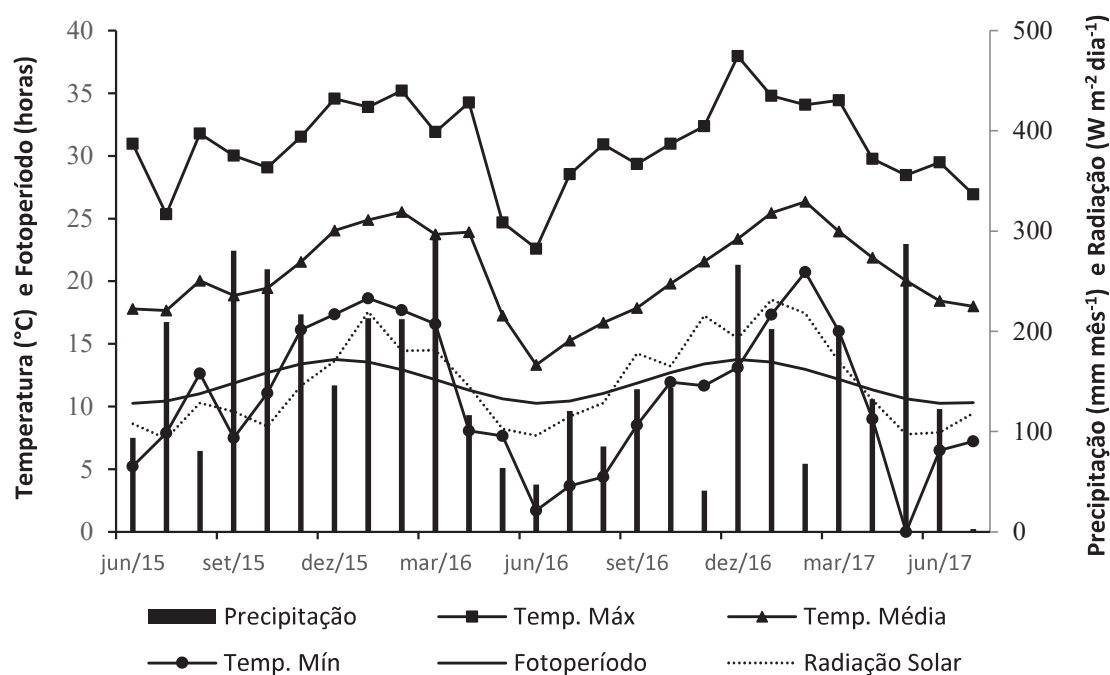


Figura 13: Temperaturas máxima, média e mínima, fotoperíodo, precipitação e radiação solar em São José, Santa Catarina.

Foram realizadas análises de solo nos locais de coleta no início do experimento (Tabela 24).

Tabela 25: Resultado de análise de solo dos locais de estudo

Elemento	Método	Unidade	População								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
MO	Oxidação	g/dm <sup>3</sup>	27,1	31,5	45,2	27,4	30,2	46,8	36	35,8	23,9
pH	CaCl <sub>2</sub>	-	4,5	4,1	4,4	4,2	5,2	4,9	4,7	4,9	5,3
Al	KCl	mmolc/dm <sup>3</sup>	31,2	39	41	18	0	1,2	32	28	0,8
Al + H <sup>+</sup>	Cálculo	mmolc/dm <sup>3</sup>	54,2	61	75	36,4	17,5	23,2	45	48	17,6
P	Mehlich	mg/dm <sup>3</sup>	1,1	0,9	1,7	1,7	34,3	2,3	10,3	2,1	8,8
K	Resina	mmolc/dm <sup>3</sup>	0,5	0,2	0,9	2,3	9,5	1,5	0,8	1,9	1,8
Ca	Resina	mmolc/dm <sup>3</sup>	18	15	12	19	64	23	43	19	38
Mg	Resina	mmolc/dm <sup>3</sup>	7	8	11	10	33	10	11	12	10
CTC	Cálculo	mmolc/dm <sup>3</sup>	80	84	99	67	124	58	100	81	67
S.B.	Cálculo	mmolc/dm <sup>3</sup>	26	23	24	31	107	35	55	33	50
V%	Cálculo	%	32,0	27,6	24,2	46,0	85,9	59,8	54,9	40,7	73,9
m%	Cálculo	%	39,1	46,3	63,2	26,7	0,0	2,1	32,1	34,6	1,2

A fenologia foi representada pela ocorrência de plantas nas fenofases:

- Emissão de folhas (EF), quando do surgimento de novas folhas;
- Emissão de pedúnculo floral (PF), quando do surgimento de novos pedúnculos florais;
- Botões florais (BF), quando da presença de botões florais;
- Antese (A), quando 50% das flores encontravam-se em antese;
- Frutos verdes (FV), quando havia presença de frutos verdes;
- Frutos maduros (FM), quando os frutos apresentam coloração marrom;
- Dispersão dos aquênios (DC), quando havia dispersão de aquênios.
- Emergência de plântulas, quando da presença de plântulas a 0,1 m<sup>2</sup> do entorno das plantas avaliadas.

A frequência foi calculada adaptando-se metodologia de Castellani et al. (1999):

$$\text{Frequência de ocorrência da fenofase} = \frac{\text{Número de indivíduos na fenofase}}{\text{Número total de indivíduos (50)}}$$

Foi feita análise isoladamente das fenofases de cada população em cada ano e, também, uma média geral para permitir melhor compreensão acerca das sucessões destas fenofases para a espécie.

### 3.2.2 Produção de sementes por planta

Os capítulos foram colhidos manualmente aos 45 dias após a antese (DAA) de 40 plantas (4 repetições de 10 plantas) de cada uma das nove populações, pesados e friccionados em peneiras para obtenção das sementes.

Foram realizadas análises de pureza, peso de mil sementes (PMS) e teste de germinação, segundo metodologia da Regras para Análise de Sementes para *Matricaria recutita* L. (BRASIL, 2009).

Para a determinação da pureza, o material de cada amostra foi classificado em semente pura, outras sementes e material inerte e pesadas em balança analítica. A pureza de sementes das amostras foi calculada pela massa das sementes puras dividido pela massa total da amostra. A determinação do PMS das amostras deu-se com a pesagem em balança analítica de oito repetições de 100 sementes puras, sendo o resultado calculado multiplicando-se por 10 a massa média das repetições.

Calculou-se o número de sementes puras por planta e o rendimento de sementes por capítulo floral, calculado como a massa de sementes puras dividido pela massa dos capítulos florais.

O teste de germinação foi realizado com quatro repetições de 50 sementes em câmara de germinação, temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 16 horas, sobre papel umedecido com água destilada na proporção de 3 vezes a massa de papel, em placa de Petri. Não houve necessidade de desinfestação das sementes. Considerou-se germinada a semente que apresentou emissão da raiz primária, com avaliações realizadas a cada 24 horas por sete dias.

### 3.2.3 Caracterização da germinação

Foram coletados manualmente capítulos florais de 60 indivíduos de uma população de *E. mollis* localizada em área de capoeirinha, na Fazenda Experimental do Canguiri da Universidade Federal do Paraná, município de Pinhais - Paraná (população 5, Tabela 24), em fevereiro de 2016.

As sementes puras foram obtidas por fricção dos capítulos florais em peneiras e auxílio de soprador de sementes. Os testes de germinação foram realizados conforme descrito acima e determinado:

- Tipo de germinação, epígea e hipógea.

- Porcentagem de germinação (G):  $G = (N/A) \times 100$ , em que: N = número de plântulas normais; A = número de sementes na amostra. Unidade: %.

- Índice de velocidade de germinação (IVG):  $IVG = \sum (n_i/t_i)$ , em que:  $n_i$  = número de sementes que germinaram no tempo "i";  $t_i$  = tempo após instalação do teste;  $i = 1 \rightarrow n$  dias. Unidade: adimensional.

- Tempo médio de germinação (TMG):  $TMG = (\sum n_i t_i) / \sum n_i$ , onde:  $n_i$  = número de sementes germinadas por dia;  $t_i$  = tempo de incubação;  $i = 1 \rightarrow n$  dias. Unidade: dias.

Para determinação do fotoblastismo foi realizado teste de germinação, com quatro repetições de 50 sementes tendo como tratamentos presença de luz com fotoperíodo de 16h e ausência de luz em placas Petri envolvidas em papel alumínio. Foi avaliada a germinação após 7 dias.

A influência da temperatura na germinação das sementes foi avaliada por meio de teste de germinação com quatro repetições de 50 sementes sob as temperaturas de 10, 15, 20, 25, 27, 30 e 35 °C, com avaliação diária e calculadas as variáveis G, IVG, TMG e Entropia (E), sendo esta última calculada de acordo com procedimentos estatísticos adotados por Nassif e Perez (2000) e Labouriau e Pacheco (1978).

Para determinação do efeito do estresse salino nas sementes, foi realizado teste de germinação com 4 repetições de 50 sementes. Os tratamentos consistiram na submissão das sementes à solução salina (cloreto de sódio) com potencial hídrico ( $\Psi$ ) 0; -0,0625; -0,125; -0,1875; -0,25; -0,3125; -0,375; -0,4375 e -0,5 MPa e calculado o percentual de germinação.

A emergência das plântulas foi avaliada sendo semeadas 4 repetições de 400 sementes em composto de vermiculita de granulometria fina (30%) e substrato comercial para hortaliças (70%), a 1 cm de profundidade, em casa de vegetação a  $25 \pm 5$  °C, com nebulização intermitente de 5 segundos a cada 30 min. Avaliou-se o número de plântulas que emergiram seus cotilédones para fora do solo sem deformações.

### 3.2.4 Análise dos dados

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett e à análise de variância. As médias dos



dados referentes a germinação, PMS, número de sementes por planta e rendimento de sementes das nove populações foram comparadas pelo teste de Scott Knott a 1% de probabilidade de erro. Para as variáveis germinação de sementes, emergência de plântulas, IVG, TMG e Entropia foram calculadas regressões. Os dados de germinação em função do potencial hídrico e temperatura foram apresentados em gráficos de dispersão com barra de erro de dois desvios padrão. Foi realizada correlação entre a ocorrência das fenofases e produção de sementes com as condições edafoclimáticas.

Todas as análises foram processadas no programa ASSISTAT® (SANTOS; AZEVEDO, 2016).

### 3.3 RESULTADOS

#### 3.3.1 Características do florescimento, frutificação e germinação de sementes

Observou-se florescimento heterogêneo. Havia na mesma planta capítulos em antese e em senescência e, no mesmo capítulo floral, flores abertas (antese) e sementes maduras (Figura 14). A antese ocorreu do centro para a borda do capítulo floral.

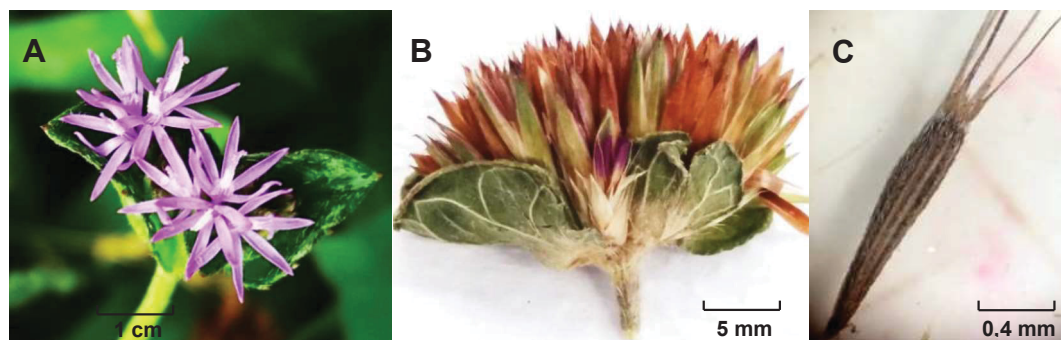


Figura 14: *Elephantopus mollis* Kunth - capítulo floral com flores em desenvolvimento e antese (A), capítulo floral com frutos maduros e flores (B) e aquênio maduro (C).

As plantas possuíam apenas um pedúnculo floral, ramificado, com média de  $18 \pm 5,8$  capítulos florais e  $42 \pm 12,3$  sementes por capítulo. Os pedúnculos florais eram longos ( $33 \pm 9,2$  cm). A poda do pedúnculo floral induziu a emissão de nova estrutura reprodutiva. Os capítulos florais encontravam-se em distintos estágios de desenvolvimento na planta que, após a senescência das sementes, continuava a emitir novos capítulos florais.

As sementes apresentaram dormência primária rapidamente superada, não havendo restrições na germinação após o beneficiamento das sementes. A germinação foi epígea (Figura 15), ou seja, os cotilédones foram elevados juntamente ao hipocótilo. O fotoblastismo foi neutro (Figura 16), alcançando as sementes o mesmo percentual germinativo na presença e ausência de luz.

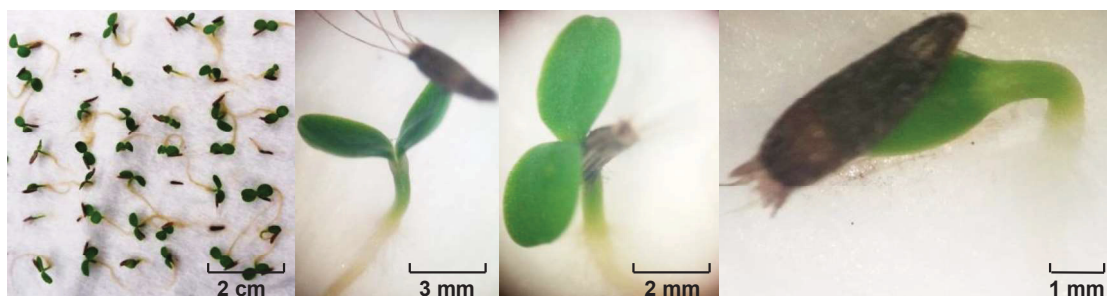


Figura 15: *Elephantopus mollis* Kunth - germinação de sementes epígea.



Figura 16: *Elephantopus mollis* Kunth - germinação de sementes na presença de luz (A) e ausência de luz (B) e emergência de plântulas (C).

A germinação das sementes chegou a 90% e ocorreu entre 30 e 168 horas a 25 °C, formando uma curva quadrática (Figura 17).

A emergência das plântulas ocorreu entre 48 e 192 horas a 25 °C, obtendo-se 80,5% de plântulas normais, com comportamento cúbico, possivelmente por haver poucas sementes com reservas nutricionais e concentração de hormônios envolvidos no processo, como giberelinas, suficientes para alongar rapidamente o hipocótilo e romper a camada de substrato em apenas 96 horas (BOUSSELOT et al., 2017).

As sementes apresentaram índice de velocidade de germinação (IVG) de  $14,4 \pm 1$  e tempo médio para germinação (TMG) de  $3,6 \pm 0,2$  dias, o que indica alta velocidade de germinação quando comparada com outras espécies nativas da família Asteraceae, como *Eupatorium vauthierianum* DC. (IVG 2,02) (MALUF; WIZENTIER, 1998) e *Emilia sonchifolia* (L.) DC. ex Wight (IVG 2,44),

(YAMASHITA et al., 2009), no entanto, abaixo do apresentado por espécies cultivadas como *Lactuca sativa* L. (IVG 22,4) (WANDSCHEER et al., 2011).

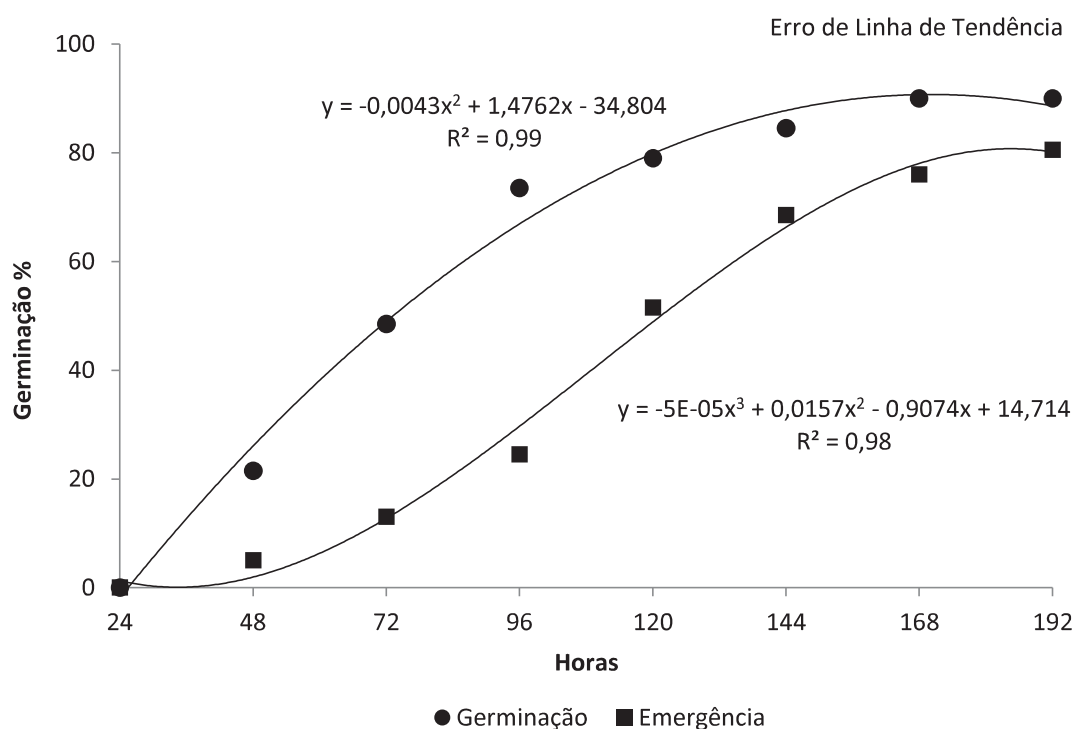


Figura 17: *Elephantopus mollis* Kunth - germinação de sementes e emergência de plântulas. ( $p < 0,01$ ). CV: 8,32%.

### 3.3.1.1 Influência da Temperatura na Germinação

As sementes germinaram apenas sob condições de temperatura igual ou acima de 20 °C, não havendo germinação nas temperaturas de 10 e 15 °C (Figura 18). A germinação das sementes apresentou resposta quadrática em função da temperatura, com melhores resultados entre 25 e 30 °C, havendo redução da germinação a 35 °C. O ponto de inflexão da curva foi a 28,8 °C, sugerindo a temperatura ideal de germinação da espécie.

As sementes nas temperaturas de 30 e 35 °C apresentaram maior velocidade de germinação nas primeiras horas, sendo as únicas que apresentaram germinação em 24h (Figura 19). Entretanto, as temperaturas de 27 e 30 °C proporcionaram maior germinação após 72 horas, já acima de 90%, mantendo-se com maior percentual de germinação até o final da avaliação. Assim, a germinação de *E. mollis* pode estar associada a temperaturas elevadas, com ideal entre 27 e 30 °C.

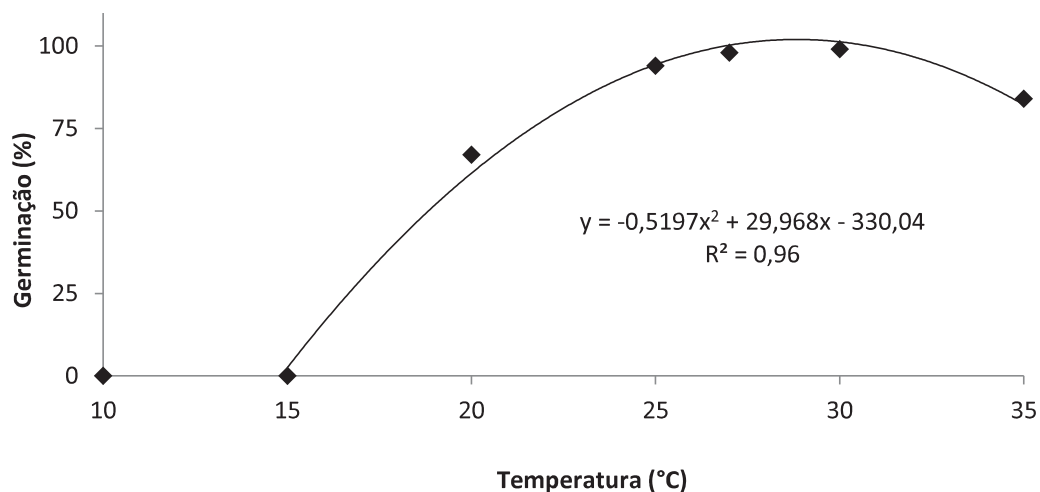


Figura 18: *Elephantopus mollis* Kunth - germinação de sementes em distintas temperaturas. ( $p < 0,01$ ). CV: 7,63%.

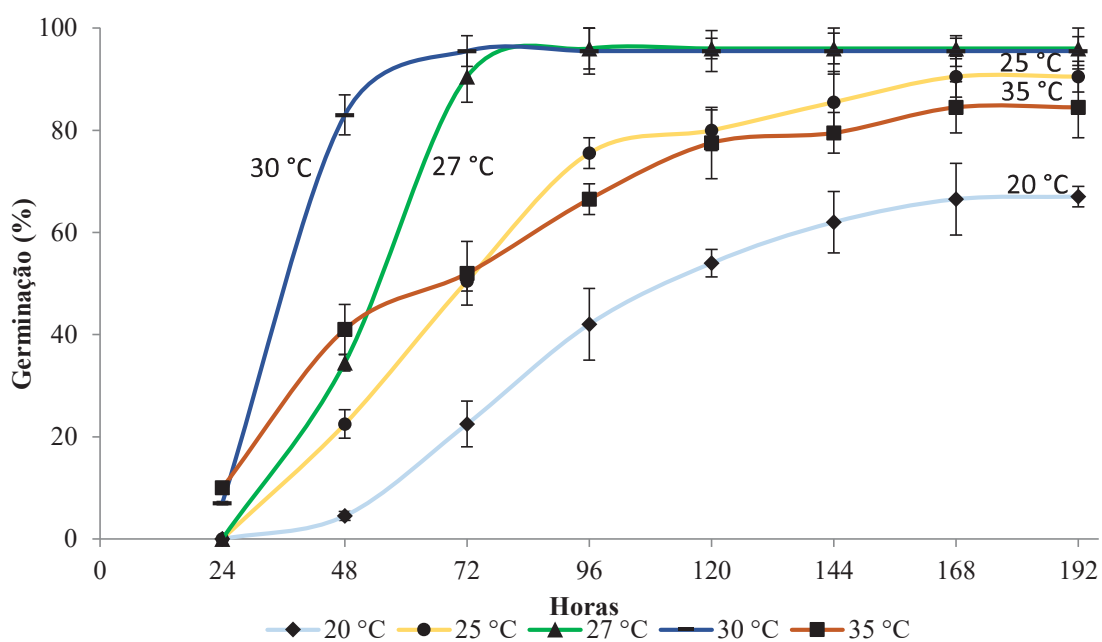


Figura 19: *Elephantopus mollis* Kunth - germinação diária acumulada de sementes sob 20, 25, 27, 30 e 35 °C. ( $p < 0,01$ ). CV: 9,04%.

O IVG apresentou comportamento quadrático em função da temperatura, com maior valor a 30 °C e posterior redução (Figura 20). O ponto de inflexão da curva foi 32,3 °C.

O TMG exibiu comportamento inverso ao IVG, reduzindo pela metade entre 20 e 30 °C e retornando a aumentar a 35 °C (Figura 21). O ponto de inflexão da curva foi 31,4. Assim como o IVG, o TMG indica a temperatura próxima de 31

°C como ideal para germinação da espécie, com apenas 2,1 dias de tempo médio para germinação.

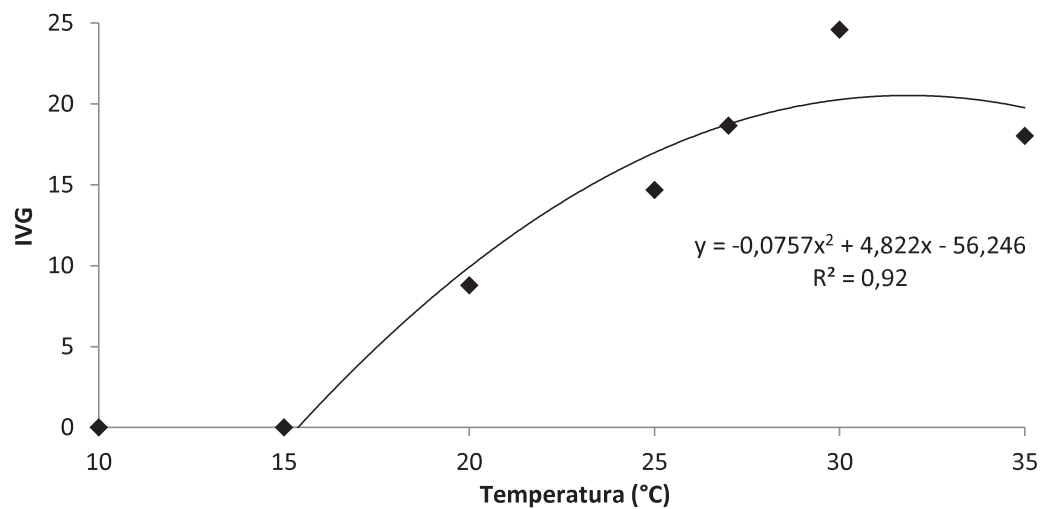


Figura 20: *Elephantopus mollis* Kunth - índice de velocidade de germinação de sementes em distintas temperaturas. ( $p < 0,01$ ). CV: 6,69%.

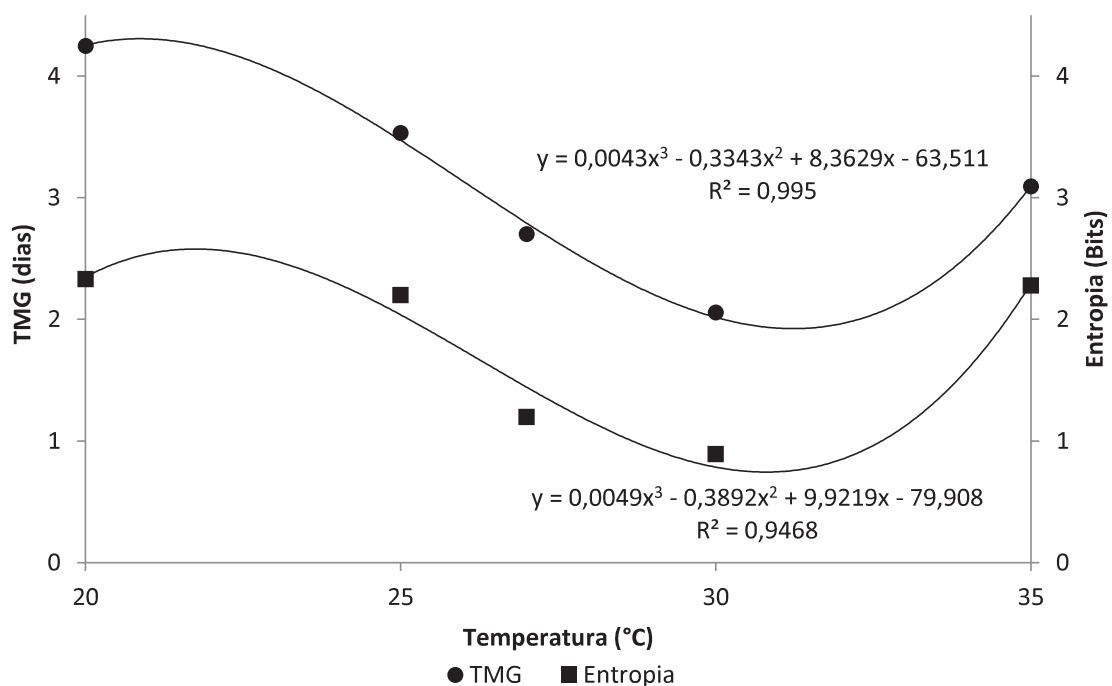


Figura 21: *Elephantopus mollis* Kunth - tempo médio para germinação e entropia de sementes em distintas temperaturas. ( $p < 0,01$ ). CV: 6,69%.

Entre 20 e 25 °C, a entropia manteve-se mais elevada, indicando menor uniformidade de germinação das sementes. O ponto de inflexão da curva foi em 30,9 °C, o que corrobora a temperatura próxima a 31 °C como ótima para

germinação de sementes de *E. mollis* (SOUZA et al., 2016), com alta sincronia entre as sementes, sendo que 83% das sementes germinaram entre 24 e 48 horas a 30 °C.

### 3.3.1.2 Tolerância à salinidade

As sementes foram suscetíveis à salinidade, com drástica redução (69,2%) do potencial germinativo em  $\Psi$  de -0,1875 MPa em comparação à testemunha (Figura 22).

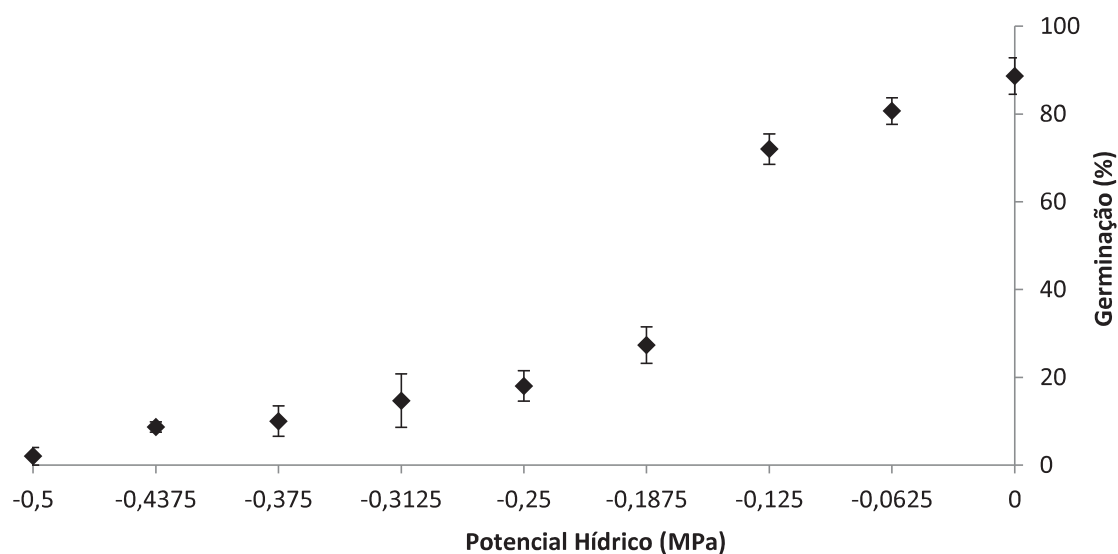


Figura 22: *Elephantopus mollis* Kunth - germinação de sementes sob condições de salinidade. ( $p < 0,01$ ). CV: 10,32%.

Entre -0,125 MPa e -0,1875 MPa houve redução abrupta da germinação, podendo estar relacionado ao potencial hídrico da semente ter valor dentro deste intervalo.

### 3.3.2 Fenologia

As fenofases apresentam-se na sequência: emissão de folhas ( $\bar{x} = 184 \pm 54,8$  dias), emissão de pedúnculo floral ( $\bar{x} = 165 \pm 43,4$  dias), presença de botões florais ( $\bar{x} = 174 \pm 45,3$  dias), antese ( $\bar{x} = 175 \pm 44,7$  dias), frutos verdes ( $\bar{x} = 176 \pm 43,9$  dias), frutos maduros ( $\bar{x} = 189 \pm 47,7$  dias) e dispersão dos aquênios ( $\bar{x} = 188 \pm 43,6$  dias) (Figura 23).

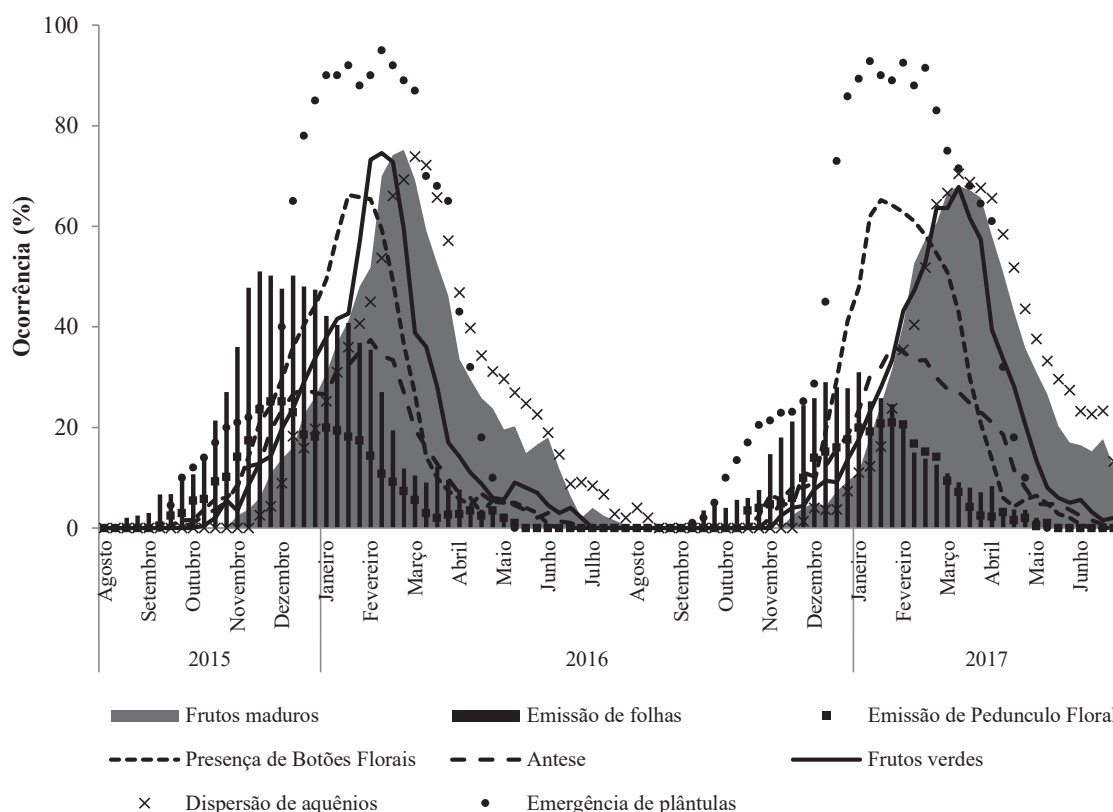


Figura 23: *Elephantopus mollis* Kunth - sucessão e ocorrência de fenofases, média entre nove populações.

Já a emergência dos aquênios ( $\bar{x}=234\pm39,9$  dias) não ocorreu sucessivamente à dispersão dos mesmos, iniciou antes, no período mais quente do ano, concomitante à emissão de folhas, provavelmente a partir de banco de sementes do solo. Os aquênios dispersos pelas plantas entre maio e agosto germinam apenas na primavera, com o aumento da temperatura.

Assim, a fenofase emissão de folhas concentrou-se na primavera no primeiro ano e no verão no segundo ano. Já as fenofases emissão de pedúnculo floral, presença de botões florais, antese e frutos verdes concentraram-se no verão. As fenofases frutos maduros e dispersão de frutos concentraram-se entre verão e outono, permitindo germinação imediata dos aquênios devido às condições de temperatura e precipitação, ficando apenas parte dos aquênios mais tardios para compor o banco de sementes do solo.

O desenvolvimento vegetativo da espécie, representado pela emissão de folhas, ocorreu durante a fase do ano de maiores temperaturas. No segundo ano o período foi menor ( $172\pm51$  dias) que no primeiro ( $196\pm58,8$  dias) devido ao atraso médio de  $31\pm7$  dias ocorrido para o início da emissão de folhas,



provavelmente ocasionada por menores precipitação e temperatura comparado ao ano anterior.

Houve diferença de 153 dias entre o período de emissão de folhas da população mais precoce (275 dias) e mais tardia (122 dias) no primeiro ano (Figura 24). A diferença entre as populações pode dar-se principalmente pela temperatura ambiente e precipitação, maiores na região das populações 7, 8 e 9 que apresentaram maior duração de todas as fenofases.

A população 3 apresentou o menor período de emissão de folhas nos dois anos avaliados, além de estar, juntamente às populações de 1 a 6, em região mais fria, estava em solo com maior teor e saturação de alumínio, o que pode afetar a capacidade de desenvolvimento vegetativo da espécie.

Assim como na emissão de folhas, as demais fenofases apresentaram menor duração no segundo ano. O florescimento da espécie ocorreu por tempo menor ( $163 \pm 40,9$  dias) no segundo ano que no primeiro ano ( $185 \pm 49,2$  dias).

Observou-se diferença de 122 dias entre a duração da fenofase na população mais precoce (252 dias) e mais tardia (130 dias), no primeiro ano.

A espécie é policárpica e apresenta florescimento ao longo de todo período quente do ano, resultando na produção e dispersão das sementes por grande parte do ano. As plantas nascidas na primavera e verão floresceram já no primeiro ano.

A maturação dos aquênios ocorreu, em média, 50 dias após a antese, sendo este provavelmente o período médio de tempo para polinização, frutificação e maturação dos frutos da espécie.

Houve mortalidade média de  $8,7\% \pm 2,1$  entre as plantas avaliadas ao longo dos 24 meses do experimento, sem diferença significativa entre as populações, o que infere que a espécie seja semi-perene nestas condições ambientais.

Não houve ocorrência das fenofases em temperaturas abaixo de 20 °C, sendo esta possivelmente a temperatura base da espécie.

A ocorrência de plantas nas fenofases variou entre os anos e populações (Figura 25). Pode-se observar, por exemplo, maior ocorrência da emissão de folhas no primeiro ano para todas as populações avaliadas, em especial na população 9.



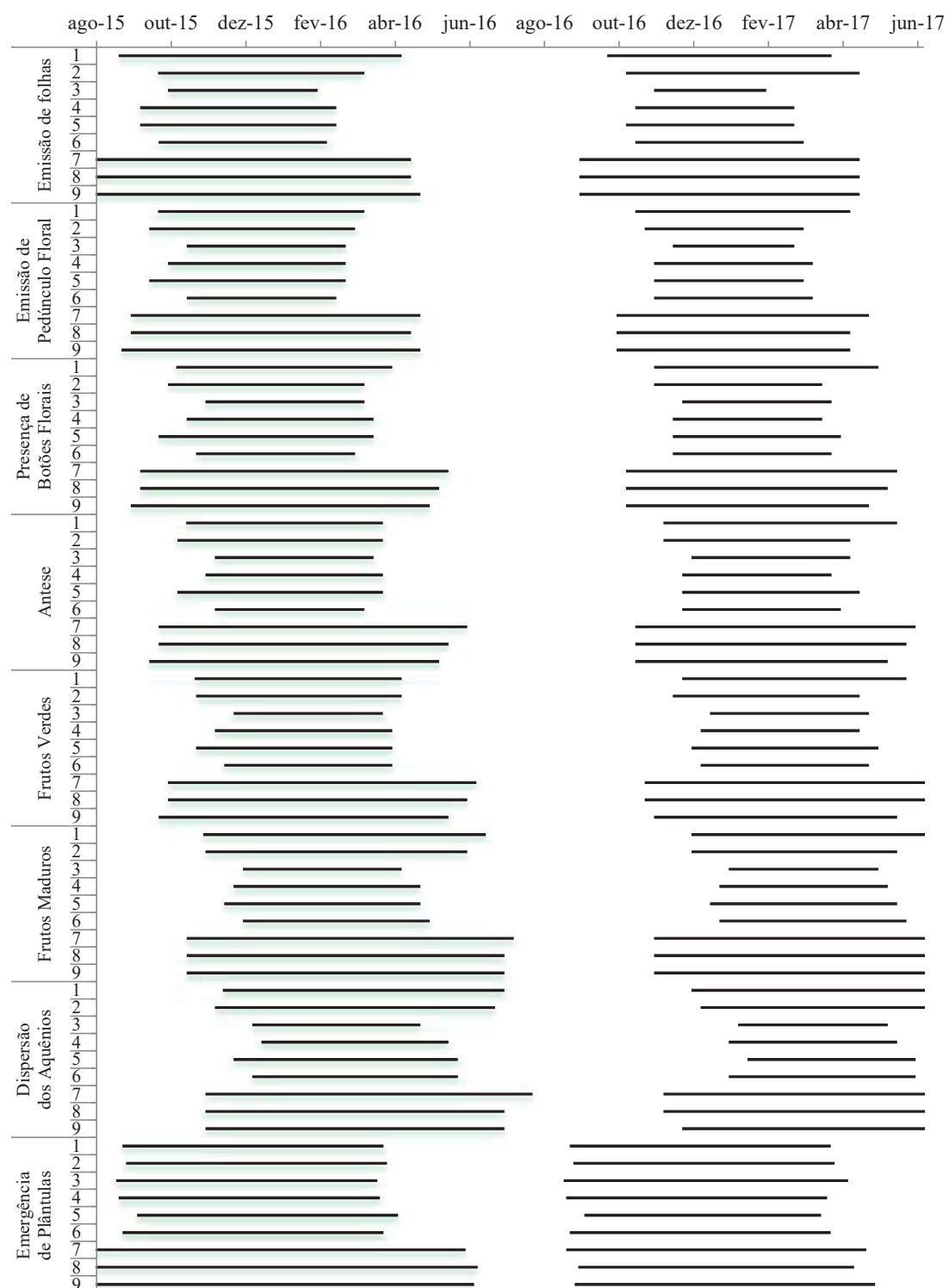


Figura 24: *Elephantopus mollis* Kunth - distribuição e duração das fenofases em 9 populações.

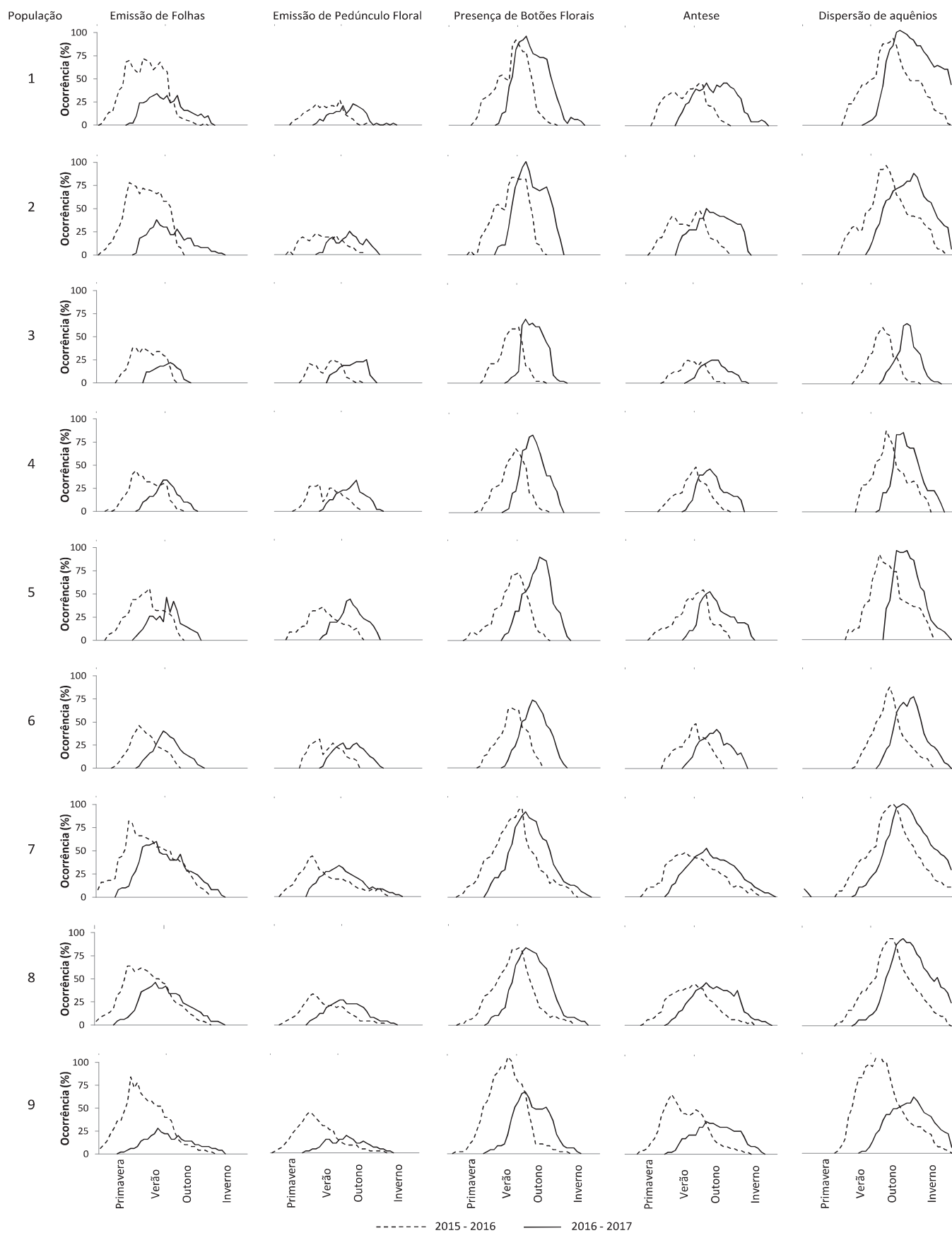


Figura 25: *Elephantopus mollis* Kunth - ocorrência de fenofases em 9 populações.

### 3.3.3 Produção de sementes

No primeiro ano, as populações 5, 7 e 8 apresentaram os maiores percentuais germinativos e PMS enquanto no segundo ano de avaliação as populações da região de São José juntamente a população 5 apresentaram os maiores valores (Tabela 26).

Tabela 26: Germinação, peso de mil sementes (PMS), número de sementes por planta e rendimento de sementes por capítulo de *E. mollis* coletados nos municípios de Curitiba/PR, Pinhais/PR e São José/SC.

População	Germinação (%)		PMS (mg)		Sementes por planta		Rendimento de sementes (%)	
	2015/2016	2016/2017	2015/2016	2016/2017	2015/2016	2016/2017	2015/2016 6	2016/2017 7
1	70,5 A c	75,5 A b	144 A c	157 A c	598 A c	613 A b	3,1 A c	2,2 B b
2	82,5 A b	80,5 A b	162 A c	170 A c	683 A b	583 B b	3,4 A c	2,5 B b
3	72,5 B c	78,0 A b	159 B c	188 A b	656 A b	399 B c	3,0 A c	1,3 B c
4	81,5 A b	73,0 B b	178 A b	152 B c	687 A b	587 B b	3,7 A c	2,4 B b
5	97,0 Aa	89,5 Ba	253 Aa	197 Ba	949 Aa	848 Ba	6,4 A b	5,2 Ba
6	76,5 A c	76,0 A b	176 A b	150 B c	708 A b	619 B b	4,2 A c	2,9 B b
7	98,0 Aa	93,5 Ba	221 Aa	218 Aa	942 Aa	845 Ba	7,7 Aa	5,3 Ba
8	95,5 Aa	92,0 Aa	233 Aa	199 Ba	911 Aa	864 Aa	6,1 A b	5,5 Aa
9	86,5 B b	95,5 Aa	183 B b	221 Aa	894 Aa	795 Ba	5,9 A b	4,9 Ba
CV (%)	8,41		5,88		11,23		6,64	

\*Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Scott Knott. ( $p < 0,01$ ).

A correlação entre G e PMS foi de 0,93 (Tabela 27) o que infere que estas variáveis apresentam interdependência, sendo o potencial germinativo associado à quantidade de reservas das sementes.

O maior número de sementes por planta pode incorrer em menor PMS como um comportamento compensatório das plantas (MESQUITA et al., 1998), no entanto, este comportamento não foi observado e não houve correlação entre quantidade de sementes por planta e PMS.

Algumas populações como a 4, 5 e 7 apresentaram maior potencial germinativo das sementes avaliadas no primeiro ano em comparação com o segundo ano, enquanto as populações 3 e 9, o inverso.

Tabela 27: Coeficientes de correlação ( $r$ )<sup>1</sup> entre pares das variáveis estudadas. Germinação (G), peso de mil sementes (PMS), número de sementes, período de duração das fenofases, matéria orgânica (MO), pH, teor de alumínio (Al), soma de bases (SB), saturação por bases (V%), saturação de alumínio (m), temperatura máxima (T° Max), temperatura média (T° Méd), temperatura mínima (T° Min), precipitação (PRE), radiação solar (RAD) e rendimento de sementes (REN)

Variáveis	MO	pH	Al	SB	V%	m	T° Max	T° Méd	T° Min	PRE	RAD	G	PMS	REN
Germinação		0,35 *	-0,36 *	0,49 *	0,53 *		0,88 **	0,89 **	0,81 **	0,92 **	-0,67 **	-	0,93 **	0,81 **
PMS		0,37 *	-0,48 *	0,56*	0,69 **	-0,52 *	0,71 **	0,88 **	0,68 **	0,83 **	-0,68 **		-	
Número de sementes		0,53 **	-0,38 *		0,41 *		0,86 **	0,96 **	0,96 **	0,92 **	-0,75 **			0,96 **
Período de emissão de folhas		0,46 **	-0,49 *	0,54*	0,72 **	-0,37 *	0,88 **	0,98 **	0,96 **	0,92 **	-0,59 *	0,82 **	0,73 **	
Período de emissão de pedúnculo floral	-0,48 **	0,36 *					0,66 **	0,86 **	0,75 **	0,47 *	-0,55 *			
Presença de Botões Florais	-0,43 **	0,42 *		0,51 *			0,52 *	0,92 **	0,90 **	0,85 **	-0,43 *			0,67 *
Antese	-0,36 *	0,46 **					0,93 **	0,83 **	0,78 **	0,98 **	-0,73 **			
Frutos verdes	-0,35 *	0,41 *					0,91 **	0,94 **		0,83 *	-0,65 *			0,44 *
Frutos maduros		0,43 **						0,94 **	0,60 *	0,90 **	-0,82 **	0,39 *		
Dispersão dos aquênios	-0,40 *	0,35 *					0,63 *	0,85 **		0,82 **	-0,55 *	0,57 *	0,63 *	
Energência de plântulas	-0,37 *			0,49 *	0,56 *		0,61 *	0,78 **	0,71 **	0,67 **	-0,51 *	0,90 **	0,92 **	

\* Significativo (P<0,05). \*\* Significativo (P<0,01). Al + H<sup>+</sup>, P, K, Ca, Mg e CTC do solo não apresentaram correlação com nenhuma variável

As populações localizadas em São José, juntamente à população 5, apresentaram maior quantidade de sementes por planta nos dois anos avaliados. O rendimento de sementes foi maior na população 7 no primeiro ano e nas populações 5, 7, 8 e 9 no segundo ano.

A condição química do solo apresentou correlação com as demais variáveis analisadas. O pH, soma de bases (SB) e saturação por bases (V%) apresentavam correlação positiva com poder germinativo, PMS e duração das fenofases, enquanto concentração de alumínio e teor de matéria orgânica (MO) correlação negativa. Já os teores de nutrientes não apresentaram correlação.

A população 5, em solo com melhores condições químicas, apresentou melhores resultados em germinação, PMS, número de sementes por planta e rendimento do que as demais populações de Pinhais e Curitiba.

A temperatura média e a precipitação foram as variáveis que apresentaram maior correlação com as demais, sendo assim as maiores influenciadoras em todos os parâmetros avaliados.

### 3.4 DISCUSSÃO

O florescimento de *E. mollis* ocorreu por longo período, havendo populações com até 8 meses de emissão de pedúnculos florais, resultando em grande heterogeneidade na maturação de sementes e distribuição destas por longo período.

Este comportamento é similar ao encontrado em espécies do gênero *Senecio* (KARAM et al., 2002) e *Eupatorium* (MALUF; WIZENTIER, 1998) e oposto ao encontrado em *Cacalia cognata* (Less.) Kuntze, *Campovassouria bupleurifolia* (DC.) RM King & H. Rob., *Campuloclinium macrocephalum* (Less.) DC., *Chromolaena ascendens* RM King e H. Rob. (BIONDI et al., 2007), todas espécies da família Asteraceae.

Este comportamento pode ser uma estratégia ecológica para distribuir temporalmente a dispersão de sementes no ambiente, em busca de garantir que parte destas encontrem condições adequadas para a germinação (GUREVITCH et al., 2009).

A espécie pode ser classificada como estrategista r ou colonizadora, por apresentar grande produção de sementes e dispersão durante longo período do ano,

além da capacidade de se instalar em áreas abertas (SARUKHÁN, 1976; MACARTHUR; WILSON, 2001).

A colheita mecanizada de sementes de *E. mollis* para plantio comercial pode ser viabilizada devido à altura dos pedúnculos florais, que situam os capítulos florais acima das folhas das plantas. Todavia, o amadurecimento heterogêneo das sementes pode inviabilizar tal prática, necessitando de colheita manual apenas dos capítulos que estejam com sementes maduras. É importante, assim, estabelecer o ponto ideal de colheita das sementes da espécie, a fim de permitir a produção de sementes de qualidade (XAVIER et al., 2015; ALKIMIM et al., 2016; GRZYBOWSKI et al., 2016; WALIA et al., 2018).

As sementes possuíam dormência primária, pois não apresentaram viviparidade, entretanto, dormência rapidamente superada com a colheita e beneficiamento dos capítulos florais, sendo que não havia restrições à rápida germinação quando colocadas em condições ideais (CARDOSO, 2009; BAZIN et al., 2011; VAISTIJ et al., 2013; AUGÉ et al., 2015; MACGREGOR et al., 2015).

A rápida germinação das sementes e emergência das plântulas associadas ao fotoblastismo neutro são importantes para facilitar a implantação de cultivos da espécie, tendo em vista que a velocidade de formação da área de produção e consequente cobertura do solo influencia diretamente o surgimento de plantas espontâneas e os custos de mão de obra para limpeza da área (NICOLELI; MOLLER, 2006; AMARO et al., 2007; KIELING et al., 2009; SILVA et al., 2012; SEDIYAMA et al., 2015).

A germinação das sementes em laboratório ocorreu em temperaturas iguais ou superiores a 20 °C e em 168 horas já haviam alcançado germinação máxima, sendo este período o indicado para os testes de germinação de sementes de *E. mollis*.

Apesar da germinação ocorrer a 20 °C, melhores resultados foram obtidos a 31 °C. O elevado IVG a 31 °C pode indicar a temperatura ideal para germinação da espécie, estando adaptada a germinação em condições ambientais quentes (DIAS et al., 2015; NDIHOKUBWAYO et al., 2016; YUAN; WEN, 2018). Como a germinação das sementes está condicionada à temperatura, em regiões com estação fria deve haver germinação apenas nos períodos mais quentes do ano, primavera, verão e parte do outono (MILLER, 2015; ROSBAKH; POSCHLOD, 2015).

Pode-se inferir a existência de banco de sementes no solo, pois o período de emergência de plântulas iniciou antes da dispersão de sementes em todas as populações e nos dois anos avaliados (HOPFENSERGER, 2007; GOMAA; PICÓ, 2011). Assim, as sementes dispersas no final do outono que não encontram temperatura e umidade ideais para germinação podem permanecer quiescentes no solo até a primavera, propiciando a emergência de novas plântulas logo no início da temporada quente e chuvosa (ARC et al., 2011; DALLING et al., 2011; CONSIDINE; CONSIDINE, 2016). Todavia, algum processo de dormência secundária pode estar envolvido na manutenção das sementes no banco de sementes do solo até a primavera (DALLING et al., 2011; GRAEBER et al., 2012).

Temperaturas superiores a 35 °C podem prejudicar a germinação das sementes. Houve aumento de 156% na entropia entre 30 e 35 °C e, mesmo a temperatura de 35 °C tendo apresentado alta germinação (84%), é provável que a desordem provocada nas sementes por temperaturas superiores a 35 °C possam inviabilizar a germinação (YUAN; WEN, 2018).

Neste contexto, a semeadura da espécie a campo deve ser realizada em períodos do ano com temperaturas acima de 20 °C, preferencialmente próximos a 30 °C e chuvosos, ou em cultivo protegido com controle de temperatura e irrigação, para permitir adequada germinação das sementes. Os testes de germinação podem ser realizados a 31 °C, temperatura próxima a todos os pontos de inflexão de máximo potencial germinativo analisados.

As sementes mostraram-se bastante sensíveis à salinidade quando comparadas às de outras espécies presentes na bibliografia como *C. recutita* (ROLLWAGEN; CARVALHO, 2011), *Carthamus tinctorius* L. (DANTAS et al., 2011), *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit (CAVALCANTE; PEREZ, 1995) e *Brassica pekinensis* Skeels (LOPES; MACEDO, 2008), todas com alto potencial de germinação até potencial hídrico -0,8 MPa, enquanto em *E. mollis* abaixo de -0,125 MPa houve grande perda do potencial germinativo. Assim, o potencial hídrico das sementes da espécie é alto e pode estar entre -0,125 MPa e -0,1875 MPa, sendo necessária boa disponibilidade de água para germinação das sementes.

A germinação das sementes e emergência das plântulas são as fases de maior sensibilidade à salinidade, um dos principais estresses abióticos que afetam a produção agrícola (IBRAHIM, 2016). O tratamento de estresse hídrico nas plantas

produtoras das sementes e a aplicação de ácido giberélico diretamente nas sementes pode reduzir a sensibilidade à salinidade e permitir o cultivo da espécie em ambientes mais diversos (LIU et al., 2018a).

Apesar da espécie ocorrer em regiões frias, como em planaltos de clima Cfb de Köppen (SÁNCHEZ; LUPO, 2009; FAXINA et al., 2015), a espécie provavelmente é mais adaptada às temperaturas mais elevadas, tanto para germinação das sementes como para o desenvolvimento vegetativo. Em São José, clima Cfa, houve desenvolvimento vegetativo durante  $247 \pm 20,2$  dias em média, enquanto as demais populações, em clima Cfb,  $154 \pm 36,6$  dias.

Outro resultado que corrobora a preferência da espécie por temperaturas mais elevadas e maior volume de chuvas foi o atraso no desenvolvimento das plantas no segundo ano em comparação ao primeiro, resultado da escassez de chuvas e temperaturas baixas que ocorreram na primavera. Assim, houve correlação de 0,98 com a temperatura média e de 0,92 com a precipitação. Desta forma, o plantio da espécie a campo deve ser realizado na primavera, quando houver elevação das temperaturas e chuvas, além de haver maior período de desenvolvimento até a chegada do frio ou escassez de água no inverno.

Neste sentido, é possível que as condições de temperatura e precipitação exerçam maior influência para determinação das fenofases do que o fotoperíodo.

Todavia, mesmo entre as populações localizadas em clima mais frio, Cfb de Köppen, houve diferenças na duração e intensidade das fenofases, inferindo a existência de outras variáveis importantes, como as características dos solos. A correlação positiva entre duração das fenofases e o pH do solo, além de correlação negativa entre o período de desenvolvimento vegetativo e o teor de alumínio no solo indicam a necessidade de correção do solo para atingir pH acima de 5,5 e saturação por bases acima de 70% para produção da espécie (JANEGITZ et al., 2010; SILVA JÚNIOR et al., 2010).

A correlação negativa observada entre teor de matéria orgânica do solo (MO) e demais variáveis pode ser um efeito secundário da temperatura ambiente. Em regiões de clima mais frio há tendência de maior acúmulo de MO (POTES et al., 2010; LEPSCH, 2016). Assim, a menor duração das fenofases nestes solos pode estar relacionada às temperaturas reduzidas e não diretamente ao teor de MO. Da mesma forma, a radiação solar apresentou correlação negativa com todas as variáveis



analisadas, possivelmente porque os locais de maior radiação eram os de menor temperatura, sendo a região de São José mais quente, entretanto apresentando menor radiação pela elevada nebulosidade e menor altitude.

Apesar do teor dos nutrientes avaliados no solo não terem apresentado correlações significativas, a SB e V% exibiu correlação positiva com variáveis como PMS e duração do período de emissão de folhas, o que infere a resposta positiva da espécie à correção do solo com bases como K, Ca e Mg no desenvolvimento vegetativo e na produção de sementes de maior qualidade.

O PMS e potencial germinativo, muito importantes na produção de sementes de qualidade, estavam associados às temperaturas mais elevadas, maior precipitação e solo com menor teor de alumínio, maiores pH, SB e V%.

Desta forma, o cultivo da espécie deve ser priorizado em regiões quentes, com irrigação e correção do solo em relação ao teor de alumínio, pH, soma de bases e saturação por bases. Pesquisas referentes a cada um dos temas abordados são necessárias para determinação das melhores práticas de produção da espécie.

### 3.5 CONCLUSÕES

As fenofases concentram-se nos períodos do ano de maiores temperatura e precipitação. Em locais de clima mais quente e maior precipitação, há maior desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade de sementes.

O florescimento ocorre durante toda estação quente e chuvosa e a maturação das sementes é heterogênea sendo necessário selecionar os capítulos florais maduros para obtenção de sementes de qualidade.

As características edáficas influenciam o desenvolvimento das plantas, sendo importante a correção do solo para pH acima de 5,5 e saturação por bases acima de 70% para melhor desenvolvimento das plantas e produção de sementes.

As sementes são fotoblásticas neutras e apresentam rápida germinação e emergência, em cerca de 3,6 e 5,2 dias, respectivamente. A germinação ocorre em temperaturas entre 20 e 35 °C, sendo os melhores resultados obtidos a 31 °C. As sementes são muito sensíveis à salinidade, com significativa redução da germinação em potencial hídrico inferior a -0,125 MPa.

## REFERÊNCIAS

- ALKIMIM, E. R.; DAVID, A. M. S. S.; SOUSA, T. V.; RODRIGUES, C. G.; AMARO, H. T. R. Different harvest times and physiological quality of coriander seeds. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 2, p. 133–137, 2016.
- AMARO, G. B.; SILVA, D. M.; MARINHO, A. G.; NASCIMENTO, W. M. Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar. **Embrapa Hortaliças-Circular Técnica** (INFOTECA-E), 2007.
- ANESINI, C. A.; ALONSO, M. R.; MARTINO, R. F. Antiproliferative and cytotoxic activities. In: SÜLSEN, V. P.; MARTINO, V. S. (Ed.) **Sesquiterpene lactones: advances in their chemistry and biological aspects**. Cham: Springer International Publishing, 2018. p.303–323.
- ARC, E.; GALLAND, M.; CUEFF, G. Reboot the system thanks to protein post-translational modifications and proteome diversity: How quiescent seeds restart their metabolism to prepare seedling establishment. **Proteomics**, v. 11, n. 9, p. 1606–1618, 2011.
- AUGE, G. A.; BLAIR, L. K.; BURGHARDT, L. T. Secondary dormancy dynamics depends on primary dormancy status in *Arabidopsis thaliana*. **Seed Science Research**, v. 25, n. 2, p. 230–246, 2015.
- BABAEI, G.; ALIARAB, A.; ABROON, S.; RASMI, Y.; AZIZ, S. G.-G. Application of sesquiterpene lactone: a new promising way for cancer therapy based on anticancer activity. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 106, p. 239–246, 2018.
- BAZIN, J.; LANGLADE, N.; VINCOURT, P. Targeted mRNA oxidation regulates sunflower seed dormancy alleviation during dry after-ripening. **The Plant Cell**, v. 23, n. 6, p. 2196–2208, 2011.
- BENARBA, B.; PANDIELLA, A. Colorectal cancer and medicinal plants: principle findings from recent studies. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 107, p. 408–423, 2018.
- BERGER, J. D.; LUDWIG, C. Contrasting adaptive strategies to terminal drought-stress gradients in Mediterranean legumes: phenology, productivity, and water

relations in wild and domesticated *Lupinus luteus* L. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 21, p. 6219–6229, 2014.

BIONDI, D.; LEAL, L.; BATISTA, A. C. Fenologia do florescimento e frutificação de espécies nativas dos Campos. **Acta Scientiarum**, v. 29, n. 3, p. 269–276, 2007.

BÔAS, V.; KRUSE, G.; GADELHA, C. A. G. Oportunidades na indústria de medicamentos e a lógica do desenvolvimento local baseado nos biomas brasileiros: bases para a discussão de uma política nacional. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, p. 1463–1471, 2007.

BOUSSELOT, J. M.; MUENCHRATH, D.; KNAPP, A. D.; REEDER, J. D. Emergence and seedling characteristics of maize native to the southwestern US. **American Journal of Plant Sciences**, v. 08, p. 1304- 1318, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, 2009. 395 p.

CARDOSO, V. J. M. Conceito e classificação da dormência em sementes. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 4, p. 619–631, 2009.

CASTELLANI, T. T.; CAUS, C. A.; VIEIRA, S. Fenologia de uma comunidade de duna frontal no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 13, n. 1, p. 99–113, 1999.

CASTELLANO, G.; REDONDO, L.; TORRENS, F. QSAR of natural sesquiterpene lactones as inhibitors of Myb-dependent gene expression. **Current Topics in Medicinal Chemistry**, v. 17, n. 30, p. 3256-3268, 2017.

CASTRO, R. A.; ALBIERO, A. L. M. O mercado de matérias primas para indústria de fitoterápicos. **Revista Fitos Eletrônica**, v. 10, n. 1, p. 59–72, 2016.

CAVALCANTE, A. M. B.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeitos dos estresses hídrico e salino sobre a germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 281–289, 1995.

CLEMES, S. D. M.; BEIRITH, A.; ZENI, A. L. B. Avaliação de polifenóis e capacidade antioxidante de seis espécies da Mata Atlântica. **Scientia Plena**, v. 11, n. 5, p. 1-8, 2015.

CONSIDINE, M. J.; CONSIDINE, J. A. On the language and physiology of dormancy and quiescence in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 11, p. 3189–3203, 2016.

COSTA, M. A. G. **Aspectos etnobotânicos do trabalho com plantas medicinais realizado por curandeiros no município de Iporanga, SP**. 134 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2002.

COSTA, R. C.; NUNEZ, C. V. Mercado de bioprodutos fitoterápicos e fitocosméticos: gestão, tecnologias e inovação. **Revista Fitos**, v. 10, n. 3, p. 295-306, 2016.

CROVETTO, R. N. M. Algunos datos sobre etnobotánica mocoví. **Bonplandia**, v. 23, n. 2, p. 119–131, 2016.

DALLING, J. W.; DAVIS, A. S.; SCHUTTE, B. J.; ARNOLD, A. E. Seed survival in soil: interacting effects of predation, dormancy and the soil microbial community. **Journal of Ecology**, v. 99, n. 1, p. 89–95, 2011.

DANTAS, S.; VANÚCIA, C.; SILVA, I. B. Influência da sanidade e deficit hídrico na germinação de sementes de *Carthamus tinctorius* L. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3, p. 574-582, 2011.

DENNY, E. G.; GERST, K. L.; MILLER-RUSHING, A. J. Standardized phenology monitoring methods to track plant and animal activity for science and resource management applications. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, n. 4, p. 591–601, 2014.

DIAS, E. F.; MOURA, M.; SCHAEFER, H.; SILVA, L. Interactions between temperature, light and chemical promoters trigger seed germination of the rare Azorean lettuce, *Lactuca watsoniana* (Asteraceae). **Seed Science and Technology**, v. 43, n. 2, p. 133-144. 2015.

DUTT, R.; GARG, V.; MADAN, A. K. Chapter 5 - Natural Chemotherapeutic Agents for Cancer. In: SPECK-PLANCHE, A. (Ed.) **Multi-Scale Approaches in Drug Discovery**. Elsevier: Amsterdam, 2017. p.99–126.

- EMPINOTTI, C. B.; DUARTE, M. R. Anatomical study of the leaf and stem of *Elephantopus mollis* Kunth (Asteraceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 1, p. 108–116, 2008.
- FAVRETO, R.; MEDEIROS, R. B. D.; LEVIEN, R.; PILLAR, V. D. Vegetação espontânea em lavoura sob diferentes manejos estabelecida sobre campo natural. **Iheringia**, v. 62, n. 1/2, p. 5–18, 2007.
- FAXINA, C.; FISCHER, E.; POTT, A. Flora of inland Atlantic riparian forests in southwestern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 15, n. 3, p. 83-95, 2015.
- FERRAZ, D. K.; ARTES, R.; MANTOVANI, W.; MAGALHÃES, L. M. Phenology of tree species in an urban forest fragment in São Paulo, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n. 2, p. 305–317, 1999.
- FIGUEREDO, C. A.; GURGEL, I. G. D.; GURGEL JUNIOR, G. D. A política nacional de plantas medicinais e fitoterápicos: construção, perspectivas e desafios. **Physis**, v. 24, n. 2, p. 381–400, 2014.
- FUCHINO, H.; KOIDE, T.; TAKAHASHI, M.; SEKITA, S.; SATAKE, M. New sesquiterpene lactones from *Elephantopus mollis* and their leishmanicidal activities. **Planta Medica**, v. 67, n. 7, p. 647–653, 2001.
- GOMAA, N. H.; PICÓ, F. X. Seed germination, seedling traits, and seed bank of the tree *Moringa peregrina* (Moringaceae) in a hyper-arid environment. **American journal of botany**, v. 98, n. 6, p. 1024–1030, 2011.
- GRAEBER, K. A. I.; NAKABAYASHI, K.; MIATTON, E.; LEUBNER-METZGER, G.; SOPPE, W. J. Molecular mechanisms of seed dormancy. **Plant, cell & environment**, v. 35, n. 10, p. 1769–1786, 2012.
- GRZYBOWSKI, C. R. S.; SILVA, R. C.; VIEIRA, E. S. N. Maturation and germination of vernonanthura discolor seeds. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 2, p. 164–172, 2016.
- GUREVITCH, J.; SCHEINER, S. M.; FOX, G. A. **Ecologia Vegetal**. 2 ed. Artmed: Porto Alegre, 2009. 592 p.

HALL, I. H.; LEE, K. H.; STARENES, C. O. Anti-inflammatory activity of sesquiterpene lactones and related compounds. **Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 68, n. 5, p. 537–542, 1979.

HASEGAWA, K.; FURUYA, R.; MIZUNO, H.; UMISHIO, K.; SUETSUGU, M.; SATO, K. Inhibitory effect of *Elephantopus mollis* H.B. and K. extract on melanogenesis in B16 murine melanoma cells by downregulating microphthalmia-associated transcription factor expression. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v. 74, n. 9, p. 1908–1912, 2010.

HOPFENSPERGER, K. N. A review of similarity between seed bank and standing vegetation across ecosystems. **Oikos**, v. 116, n. 9, p. 1438–1448, 2007.

HOU, C.-W.; LIN, C.-C.; WU, S.-P.; CHEN, Y.-L.; SIAO, AN-C. Yuanpei University. **Application of *Elephantopus mollis* H.B.K. in anti-inflammation and bacteriostasis**. TW 201225987 - A. 1 set. 2012.

HUANG, X., YANG, J., HE, P. Y., WU, Z. H., ZENG, H. L., WANG, X. N., & JIANG, J. W. Molecular mechanism of inducing 2774-C10 cell apoptosis and G1/S cell cycle arrest by ethanol extract from *Elephantopus mollis* H.B.K. **China Bioengineering Journal**, v. 38, n. 4, p. 17–23, 2018.

IBRAHIM, E. A. Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. **Journal of Plant Physiology**, v. 192, p. 38–46, 2016.

JAKUPOVIC, J.; JIA, Y.; ZDERO, C.; WARNING, V.; BOHLMANN, F.; JONES, S. B. Germacranolides from *Elephantopus* species. **Phytochemistry**, v. 26, n. 5, p. 1467–1469, 1987.

JANEGITZ, M. C.; SOUZA-SCHLICK, G. D.; TROPALDI, L.; CARDOSO, S. M. Influência da saturação por bases no crescimento e produção de crambe. **Cultivando o Saber**, v. 3, n. 4, p. 175–182, 2010.

JUNJUN H. **Evaluation of herbal extracts for anti-dandruff activity**. 178 f. Tese (Doutorado em Biological Sciences) - Chia Nan University of Pharmacy & Science, Tainan City, 2016.

KABIRU, A.; POR, L. Y.; KABIRU. Elephantopus species: traditional uses, pharmacological actions and chemical composition. **Advances in Life Science and Technology**, v. 15, p. 6–13, 2013.

KANDASAMY, S.; FERNANDES, R. An approach for evaluating the impact of gaps and measurement errors on satellite land surface phenology algorithms: Application to 20 year NOAA AVHRR data over Canada. **Remote Sensing of Environment**, v. 164, p. 114–129, 2015.

KANTAR, M.; HÜBER, S.; HERMAN, A. Neo-Domestication of an interspecific tetraploid *Helianthus annuus* × *Helianthus tuberosus* population that segregates for perennial habit. **Genes**, v. 9, n. 9, p. 422-435, 2018.

KARAM, F. S. C.; MÉNDEZ, M. D. C.; JARENKOW, J. A.; RIET-CORREA, F. Fenologia de quatro espécies tóxicas de *Senecio* (Asteraceae) na região Sul do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 22, n. 1, p. 33-39, 2002.

KHAJAPEER, K. V.; BASKARAN, R. **Natural Products for Treatment of Chronic Myeloid Leukemia**. In: Anti-cancer Drugs - nature, synthesis and cell, 2016.

KIELING, A. S.; COMIN, J. J.; ABDALLA FAYAD, J.; LANA, M. A.; LOVATO, P. E. Plantas de cobertura de inverno em sistema de plantio direto de hortaliças sem herbicidas: efeitos sobre plantas espontâneas e na produção de tomate. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2207-2209, 2009.

KITSON, R. R. A.; MILLEMAGGI, A.; TAYLOR, R. J. K. The renaissance of  $\alpha$ -methylene- $\gamma$ -butyrolactones: new synthetic approaches. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 48, n. 50, p. 9426–9451, 2009.

KLEIN, T.; LONGHINI, R.; BRUSCHI, M. L.; MELLO, J. C. P. Fitoterápicos: um mercado promissor. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 30, n. 3, p. 241–248, 2010.

KOCKELMANN, A.; TILCHER, R.; FISCHER, U. Seed Production and Processing. **Sugar Tech**, v. 12, n. 3, p. 267–275, 2010

KONDO, C.; SENOO, M.; TAKAYAMA, A. Kose Corp. **Agent for external use containing plant extract**. JP 2000095663 - A. 4 abr. 2000.

KUETE, V.; FOKOU, F. W.; KARAOSMANOĞLU, O.; BENG, V. P.; SIVAS, H. Cytotoxicity of the methanol extracts of *Elephantopus mollis*, *Kalanchoe crenata* and 4 other Cameroonian medicinal plants towards human carcinoma cells. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 17, n. 1, p. 280, 2017.

LABOURIAU, L. G.; PACHECO, A. On the frequency of isothermal germination in seeds of *Dolichos biflorus* L. **Plant and Cell Physiology**, v. 19, n. 3, p. 507–512, 1978.

LEE, K. H.; FURUKAWA, H.; KOZUKA, M.; HUANG, H. C.; LUHAN, P. A.; McPHAIL, A.T. Molephantin, a novel cytotoxic germacranolide from *Elephantopus mollis*. X-Ray crystal structure. **Journal of the Chemical Society, Chemical Communications**, v. 14, p. 476–477, 1973.

LEE, K. H.; IBUKA, T.; HUANG, H. C.; HARRIS, D. L. Antitumor agents XIV: molephantinin, a new potent antitumor sesquiterpene lactone from *Elephantopus mollis*. **Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 64, n. 6, p. 1077–1078, 1975.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2 ed. Oficina de textos: São Paulo, 2016. 216 p.

LI, Y.; YE, W.; WANG, G.; LI, M.; WANG, Y. Jinan University. **Application of *Elephantopus* plant extract in preparation of fishery drugs having antibacterial effect**. CN 105395586 - A. 16 mar. 2016a.

LI, Y.; YE, W.; WANG, G.; LI, M.; WANG, Y. Jinan University. **Application of elephantopus plant extract in preparation of veterinary drugs or feed additives**. CN 105395585 - A. 16 mar. 2016b.

LIN, C. C.; TSAI, C. C.; YEN, M. H. The evaluation of hepatoprotective effects of Taiwan folk medicine “teng-khia-u”. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 45, n. 2, p. 113–123, 1995.

LIN, C. C.; KAN, W. S.; LIN. Medicinal plants used for the treatment of hepatitis in Taiwan. **The American Journal of Chinese Medicine**, v. 18, n. 1, p. 35–43, 1990.

LIN, C.C.; YEN, M.H.; CHIU, H.F. The pharmacological and pathological studies on taiwan folk medicine (VI): The effects of *Elephantopus scaber* subsp. *oblanceolata*, *E. mollis* and *Pseudoelephantopus spicatus*. **The American Journal of Chinese Medicine**, v. 19, n. 01, p. 41–50, 1991.



- LIU, L.; XIA, W.; LI, H.; ZENG, H.; WEI, B.; HAN, S.; YIN, C. Salinity inhibits rice seed germination by reducing  $\alpha$ -amylase activity via decreased bioactive gibberellin content. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 275-286, 2018a.
- LIU, R.; SHI, D.; ZHANG, J.; LI, X.; HAN, X.; YAO, X.; FANG, J. Xanthatin promotes apoptosis via inhibiting thioredoxin reductase and eliciting oxidative stress. **Molecular Pharmaceutics**, v. 15, n. 8, p. 3285–3296, 2018b.
- LOPES, J. C.; MACEDO, C. Germinação de sementes de couve chinesa sob influência do teor de água, substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 79–85, 2008.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 512p
- MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **The theory of island biogeography**. Princeton University Press, 2001. 224 p.
- MACEDO, E. V.; GEMAL, A. L. A produção de fitomedicamentos e a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 90, n. 4, p. 290-297, 2009.
- MACGREGOR, D. R.; KENDALL, S. L.; FLORANCE, H. Seed production temperature regulation of primary dormancy occurs through control of seed coat phenylpropanoid metabolism. **New Phytologist**, v. 205, n. 2, p. 642–652, 2015.
- MALUF, A. M.; WIZENTIER, B. Aspectos fenológicos e germinação de sementes de quatro populações de *Eupatorium vauthierianum* DC. (Asteraceae). **Brazilian Journal of Botany**, v. 21, n. 3, p. 47-55, 1998.
- MARES, L. E. V.; ZARAGOZA, F. A. R.; GONZÁLEZ, J. J. S.; VARGAS-PONCE, O. Phenology, agronomic and nutritional potential of three wild husk tomato species (*Physalis*, Solanaceae) from Mexico. **Scientia Horticulturae**, v. 200, p. 83–94, 2016.
- MARTINS, C. R.; HAY, J. D. V.; WALTER, B. M. T.; PROENÇA, C. E. B.; VIVALDI, L. J. Impacto da invasão e do manejo do capim-gordura (*Melinis minutiflora*) sobre a riqueza e biomassa da flora nativa do Cerrado sentido restrito. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 1, p. 73–90, 2011.

- MEDEIROS, M. F. T.; SENNA-VALE, L.; ANDREATA, R. H. P.; FERNANDES, L. R. R. M. V. Informações estratégicas geradas através do estudo de patentes de plantas medicinais citadas pelos sitiantes da reserva Rio das Pedras, Mangaratiba, Rio de Janeiro. **Revista de Biologia Neotropical**, v. 4, n. 2, p. 9, 2008.
- MENTZ, L. A.; LUTZEMBERGER, L. C.; SCHENKEL, E. P.; PAULO, E. Da flora medicinal do Rio Grande do Sul: notas sobre a obra de D'Ávila (1910). 1997. **Caderno de Farmácia**, v. 13, n. 1, p. 25-48, 1997.
- MESQUITA, E. E.; PINTO, J. C.; MORAIS, A. Doses de nitrogênio e métodos de semeadura no rendimento de sementes de milho (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 2, p. 255–261, 1998.
- MILLER, J. **Reproductive biology and germination requirements of the California state threatened species *Hazardia orcuttii* (Asteraceae)**. 81 f. Tese (Doutorado em Biological Sciences) - California State University San Marcos, San Marcos, 2015.
- MONTELES, R.; PINHEIRO, C. U. B. Plantas medicinais em um quilombo maranhense: uma perspectiva etnobotânica. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, n. 2, p. 38–48, 2007.
- NASSIF, S.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeitos da temperatura na germinação de sementes de amendoim-do-campo (*Pterogyne nitens* Tul.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1, p. 1–6, 2000.
- NDIHOKUBWAYO, N.; NGUYEN, V.T.; CHENG, D. Effects of origin, seasons and storage under different temperatures on germination of *Senecio vulgaris* (Asteraceae) seeds. **PeerJ**, v. 4, p. e2346, 2016.
- NICOLELI, M.; MOLLER, H. D. Análise da competitividade dos custos do café orgânico sombreado irrigado. **Custos e Agronegócio**, v. 2, n. 1, p. 29-44, 2006.
- OOI, K. L.; MUHAMMAD, T. S. T.; LAM, L. Y.; SULAIMAN, S. F. Cytotoxic and apoptotic effects of ethyl acetate extract of *Elephantopus mollis* Kunth. in human liver carcinoma HepG2 cells through Caspase-3 activation. **Integrative Cancer Therapies**, v. 13, n. 3, p. NP1–NP9, 2014.

- POLI, A.; NICOLAU, M.; SIMÕES, C. M.; NICOLAU, R. M.; ZANIN, M. Preliminary pharmacologic evaluation of crude whole plant extracts of *Elephantopus scaber*. Part I: in vivo studies. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 37, n. 1, p. 71–76, 1992.
- POTES, M. L.; DICK, D. P.; DALMOLIN, R. S. D.; KNICKER, H.; ROSA, A. S. Matéria orgânica em Neossolo de altitude: influência do manejo da pastagem na sua composição e teor. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 34, n. 1, p. 23-32, 2010.
- RODRIGUES, V. E. G.; CARVALHO, D. A. Etnobotânica e florística de plantas medicinais nativas de remanescentes de floresta estacional semidecidual na região do Alto Rio Grande, MG. **Cerne**, v. 14, n.2, p. 93-112, 2008.
- ROLLWAGEN, D. G.; CARVALHO, R. I. N. Qualidade fisiológica de sementes de camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] após envelhecimento acelerado e estresse salino. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 2, p. 139-145, 2011.
- ROSLAKH, S.; POSCHLOD, P. Initial temperature of seed germination as related to species occurrence along a temperature gradient. **Functional Ecology**, v. 29, n. 1, p. 5–14, 2015.
- SALOMÃO, R. DE P.; VIEIRA, I. C. G.; BRIENZA JUNIOR, S.; DO AMARAL, D. D.; DE SANTANA, A. C. Capoeira Class System: a proposal of classification system of successional stages of secondary forests for Pará state. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v. 7, n. 3, p. 297–317, 2012.
- SÁNCHEZ, A. C.; LUPO, L. C. Asteraceae de interés en la Melisopalínogía: Bosque montano de las yungas (Jujuy - Argentina). **Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica**, v. 44, n. 1–2, p. 57–64, 2009.
- SANTOS, F. A.; AZEVEDO, C. A. V. The assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733–3740, 2016.
- SARUKHÁN, J. On selective pressures and energy allocation in populations of *Ranunculus repens* L., *R. bulbosus* L. and *R. acris* L. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 63, p. 290–308, 1976.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, I. C.; LIMA, P. C. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Ceres**, v. 61, n. 7, p. 829-837, 2015.

SHAN H. W.; HSIANG H. W. Potential Asteraceae invaders in Taiwan: insights from the flora and herbarium records of casual and naturalized alien species. **Taiwania**, v. 50, n. 1, p. 62–70, 2005.

SHAO, F.Y.; WANG, S.; LI, H.Y. EM23, a natural sesquiterpene lactone, targets thioredoxin reductase to activate JNK and cell death pathways in human cervical cancer cells. **Oncotarget**, v. 7, n. 6, p. 6790–6808, 2016.

SIEDLE, B.; GUSTAVSSON, L.; JOHANSSON, S. The effect of sesquiterpene lactones on the release of human neutrophil elastase. **Biochemical Pharmacology**, v. 65, n. 5, p. 897–903, 2003.

SILVA, A. A.; SEDIYAMA, T.; SANTOS, J. B. Manejo de plantas daninhas na cultura da mandioca. **Planta Daninha**, v. 30, n. 4, p. 901-910, 2012.

SILVA, C. S. P. **As plantas medicinais no município de Ouro Verde de Goiás, GO, Brasil: uma abordagem etnobotânica**. 153 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

SILVA JÚNIOR, M. J.; DUARTE, S. N.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; DUTRA, I. Resposta do meloeiro à fertigação controlada através de íons da solução do solo: desenvolvimento vegetativo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 715–722, 2010.

SNYDER, K. A.; WEHAN, B. L.; FILIPPA, G. Extracting plant phenology metrics in a great basin watershed: methods and considerations for quantifying phenophases in a cold desert. **Sensors**, v. 16, n. 11, p. 1948-1968, 2016.

SOSA, A. M.; AMAYA, S.; CAPUSIRI, E. S. Active sesquiterpene lactones against *Leishmania amazonensis* and *Leishmania braziliensis*. **Natural Product Research**, v. 30, n. 22, p. 2611–2615, 2016.

SOUZA, L. F.; GASPARETTO, B. F.; LOPES, R. R.; BARROS, I. B. I. Temperature requirements for seed germination of *Pereskia aculeata* and *Pereskia grandifolia*. **Journal of Thermal Biology**, v. 57, p. 6–10, 2016.

SOUZA, R. M. B. **Elephantopus**. **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>>, acessado em 13 de outubro de 2018.

SZNARKOWSKA, A.; KOSTECKA, A.; MELLER, K.; BIELAWSKI, K. P. Inhibition of cancer antioxidant defense by natural compounds. **Oncotarget**, v. 8, n. 9, p. 15996–16016, 2016.

TABOPDA, T. K.; NGOUPAYO, J.; LIU, J. Further cytotoxic sesquiterpene lactones from *Elephantopus mollis* KUNTH. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, v. 56, n. 2, p. 231–233, 2008.

TABOPDA, T.; LIU, J.; NGADJUI, B.; LUU, B. Cytotoxic triterpene and sesquiterpene lactones from *Elephantopus mollis* and induction of apoptosis in neuroblastoma cells. **Planta Medica**, v. 73, n. 4, p. 376–380, 2007.

TAKASHI, H. S. **Study on melanin production inhibitor and mechanism of skin pigmentation**. Tese (Doutorado em Biological Sciences) - Chiba University, Chiba, 2016.

TASSEL, V.; L, D.; ALBRECHT, K. A. Accelerating silphium domestication: an opportunity to develop new crop ideotypes and breeding strategies informed by multiple disciplines. **Crop Science**, v. 57, n. 3, p. 1274–1284, 2017.

TIAN, X.; WANG, J.; ZHU, J. 1,5-O-Dicaffeoyl-quinic acid as a novel potential nmda receptor inhibitor from traditional chinese medicine database by virtual screening. **Chinese Herbal Medicines**, v. 8, n. 4, p. 366–370, 2016.

UMISHIO, K.; MAEDA, K.; KOBAYASHI, K.; KOBAYASHI. SHISEIDO CO LTD. **Skin Whitening agent**. JP 2006193504 - A. 2006.

VAISTIJ, F. E.; GAN, Y.; PENFIELD, S. Differential control of seed primary dormancy in Arabidopsis ecotypes by the transcription factor SPATULA. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 110, n. 26, p. 10866–10871, 2013.

WALIA, M. K.; WELLS, M. S.; CUBINS, J. Winter camelina seed yield and quality responses to harvest time. **Industrial Crops and Products**, v. 124, p. 765–775, 2018.

WANDSCHEER, A. C. D.; BORELLA, J.; BONATTI, L. C.; PASTORINI, L. H. Atividade alelopática de folhas e pseudofrutos de *Hovenia dulcis* Thunb. (Rhamnaceae) sobre a

germinação de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 1, p. 25–30, 2011.

WHITE, K.; PONTIUS, J.; SCHABERG, P. Remote sensing of spring phenology in northeastern forests: a comparison of methods, field metrics and sources of uncertainty. **Remote Sensing of Environment**, v. 148, p. 97–107, 2014.

WIART, C. **Medicinal plants in Asia for metabolic syndrome**: natural products and molecular basis. CRC Press: Boca Raton, 2017. 488 p.

WU, Z. N.; ZHANG, Y. B.; CHEN, N. H. Sesquiterpene lactones from *Elephantopus mollis* and their anti-inflammatory activities. **Phytochemistry**, v. 137, p. 81–86, 2017.

XAVIER, T. S. X.; DARONCH, D.; PELUZIO, J. M. Harvest time in the seed quality of soybean genotypes. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 2, p. 241–245, 2015.

YAMASHITA, O. M.; GUIMARÃES, S. C.; SILVA, J. L.; CARVALHO, M. A. C.; CAMARGO, M. F. Fatores ambientais sobre a germinação de *Emilia sonchifolia*. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 673–681, 2009.

YUAN, X.; WEN, B. Seed germination response to high temperature and water stress in three invasive Asteraceae weeds from Xishuangbanna, SW China. **Plos One**, v. 13, n. 1, p. e0191710, 2018.

YUNES, R. A.; PEDROSA, R. C.; CECHINEL FILHO, V. Fármacos e fitoterápicos: a necessidade do desenvolvimento da indústria de fitoterápicos e fitofármacos no Brasil. **Química Nova**, v. 24, n. 1, p. 147–152, 2001.

ZAMARIOLA, N.; OLIVEIRA, J. A.; GOMES, L. A. A.; JÁCOME, M. F.; REIS, L. V. Effect of drying, pelliculation and storage on the physiological quality of eggplant seeds. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 2, p. 240–245, 2014.

#### 4 Maturation, processing and seed storage of *Elephantopus mollis* Kunth<sup>1</sup>

#### Maturação, processamento e armazenamento de sementes de *Elephantopus mollis* Kunth.

##### ABSTRACT

*Elephantopus mollis* Kunth (Asteraceae) is an aromatic medicinal species native to South and Central America with hepatoprotective, anti-inflammatory, antitumor and leishmanicidal properties. We evaluated its maturation, ideal harvest moment, processing and seed storage, aiming to contribute to the production of this medicinal plant. We collected flower capitula between 7 and 56 days after anthesis for determination of seed moisture content, seed dry matter accumulation and germination, and correlated these factors with the morphological characters of the capitula. Capitulum processing was conducted with sieves and a seed blower to evaluate the purity, 1000 seed weight, germination and cultural value of the seeds. The germination potential of seeds stored for 18 months refrigerated and at room temperature and the correlation of these results with those of an accelerated aging test were determined. The ideal harvest moment occurs at 49 days after anthesis and can be identified in the field by the brown coloration of the interfloral bracts. Seeds with cultural value above 80% can be obtained with the use of a 0.59 mm sieve and seed blower. The seeds can be stored cold for 12 months, and the accelerated aging test allows estimation of the viability of the seeds during storage for 18 months.

**Keywords:** cultivation, propagation, medicinal plants, essential oil

##### RESUMO

*Elephantopus mollis* Kunth. (Asteraceae) é uma espécie medicinal aromática, nativa da América do Sul e Central com propriedades hepatoprotetora, anti-inflamatória, antitumoral e leishmanicida. Objetivou-se avaliar a maturação, ponto de colheita, beneficiamento e armazenamento de sementes desta espécie visando contribuir com a produção do recurso fitoterápico. Coletaram-se capítulos florais entre 7 e 56 dias após a antese, sendo avaliado a massa seca, teor de umidade e germinação das sementes e correlacionados com caracteres morfológicos dos capítulos florais. Avaliou-se o beneficiamento dos capítulos florais por meio de peneiras e soprador de sementes, com averiguação da pureza, peso de mil sementes, germinação e valor cultural das sementes. Determinou-se potencial germinativo de sementes armazenadas por até 18 meses à temperatura ambiente e refrigerado e correlacionado com teste de envelhecimento acelerado. O ponto de colheita ocorre aos 49 dias após a antese e pode ser identificado a campo pela coloração marrom das brácteas interflorais. Pode-se obter sementes com valor cultural acima de 80% com o uso de peneira 0,59 mm e soprador de sementes. As sementes podem ser

---

<sup>1</sup>Artigo transcrito na íntegra. No prelo. Acta Scientiarum Agronomy.



armazenadas por 12 meses a frio sem queda do potencial germinativo. O teste de envelhecimento acelerado permite estimar a viabilidade do armazenamento das sementes por 18 meses.

**Palavras-chave:** cultivo, propagação, fitoterápico, óleo essencial.

#### 4.1 Introduction

*Elephantopus mollis* Kunth (Asteraceae) is a perennial, aromatic herbaceous plant native to Central and South America, distributed from Argentina to Mexico, including the Caribbean (Siedle et al., 2003; T. Tabopda et al., 2007).

In Brazil, *E. mollis* is commonly called thick-fleshed, wild-ferocious, cow's tongue, elephant's foot and sussuaiá and used in folk medicine as an emollient and a sudorific and to treat urolithiasis, bronchitis, cough and influenza (Kabiru et al., 2013; Lorenzi and Matos, 2002).

The medicinal properties of the species are attributed to its essential oils, flavonoids, triterpenoids and sesquiterpene lactones (H. Li et al., 2016; Shao et al., 2016; Sosa et al., 2016). Pharmacological studies of the species have revealed anticarcinogenic activity by the sesquiterpene lactones (Hasegawa et al., 2010; Kitson et al., 2009; H. Li et al., 2016; Ooi et al., 2014, 2011; Shao et al., 2016; Siedle et al., 2003; T. Tabopda et al., 2007; Tabopda et al., 2008b).

Seven patent applications are registered in the European Patent Office for the use of the plant as a medicine (Li et al., 2016a; Li et al., 2016b; Hou et al., 2012; Medeiros et al., 2008, Umishio et al., 2006; Kondo et al., 2000) due to its hepatoprotective (Ho et al., 2012; Kabiru et al., 2013), antioxidant (Clemes et al., 2015), anti-inflammatory (Wu et al., 2017), antimicrobial, antileishmaniasis, bone regeneration (Kabiru et al., 2013; Ngueguim et al., 2012; Sosa et al., 2016), temperature-lowering, and antihypertensive properties, as well as its effects on intestinal transit (Poli et al., 1992).

Because of the high phytotherapeutic potential of this species, it is important to ensure the sustainability of the provision of this natural resource. Thus, cultivation is the appropriate alternative to avoid extractivism and a lack of quality raw material, but developing cultivation is dependent on technical and scientific information (Homma, 2008).

Aiming to contribute to the establishment of *E. mollis* commercial cropping systems to support phytotherapeutic resource provision, we present the results of our research into the maturation, ideal harvest moment, processing and storage of the seeds of this species.



## 4.2 Material and methods

### *Elephantopus mollis* Kunth (Asteraceae)

Herbaceous perennial plant (30-60 cm), stem hirsute; basal leaf blades (7.5-15 x 4.5-5 cm) and apical (9.5 to 16.5 cm x 3-5.5), obovate, strigose adaxial abaxial pubescent, reticulate vein, concolor, acute apex, base attenuated, crenate margin, membranaceous. Purple flowers 4-5 assembled in flower capitulum, corolla 5-6 mm long, white, 1-1.8 mm loops; anthers 0.7-1 mm long, apex acute; stylet of 5-6 mm. Capitulescence with 4-32 glomeruli, 11-14 capitula per glomerulus. Housing 5-8 x 1.5-4 mm; foliaceous bracts of the glomerulus, 3 per glomerulus, oval, 7-10 x 5-11 mm; bracts involved in capitulum 2-3 - serialized, eximbricate, internal 5-7 x 1-2 mm, external 4-5 x 0.5-1 mm, both lanceolate, pubescent at apex. Cypsela fruit type 1.5-2 mm in length. Pappus, bristly, with 4 4-5 mm cylindrical bristles, spiny, deciduous (Moreira and Teles, 2014).

#### 4.2.1 Ideal harvest moment

The ideal *E. mollis* seed<sup>2</sup> harvest moment was determined by indicators of physiological maturity: a) seed dry weight (DW) (Faria et al., 2010), b) greater germination potential (Grzybowski et al., 2016a; Oliveira, 2012), c) higher germination speed (Marcos Filho, 2005; Rajjou et al., 2012), and d) homogeneity of germination (Nassif and Perez, 2000). These indicators were associated with the alteration of morphological aspects in the capitulum (anthesis, fruit development and development and coloring of the interfloral bracts and bracts of the capitulum).

##### 5.2.1.1 Flower capitulum monitoring and seed harvest

Between October and December 2016, an annual period with abundant seed production in this species, capitulum development in 30 individuals was monitored. These individuals occupy a natural population of *E. mollis* located in the initial successional stage of environmental recovery in the Atlantic araucaria forest (25°24'44.8"S, 49°15'00.7"W, Curitiba, Brazil, 911 meters of altitude).

In this region, the climate is type Cfb in the Köppen classification, subtropical humid with mild summers and frequent frosts in the winter, without a defined dry season (Köppen, 1936) (Figure 26).

---

<sup>2</sup> In the context of this research, we considered as a seed the typical dispersion unit of the Asteraceae, called the cypsela, which corresponds to a dry fruit, indehiscent, derived from an inferior ovary, and containing only one seed not adhered to the fruit wall.

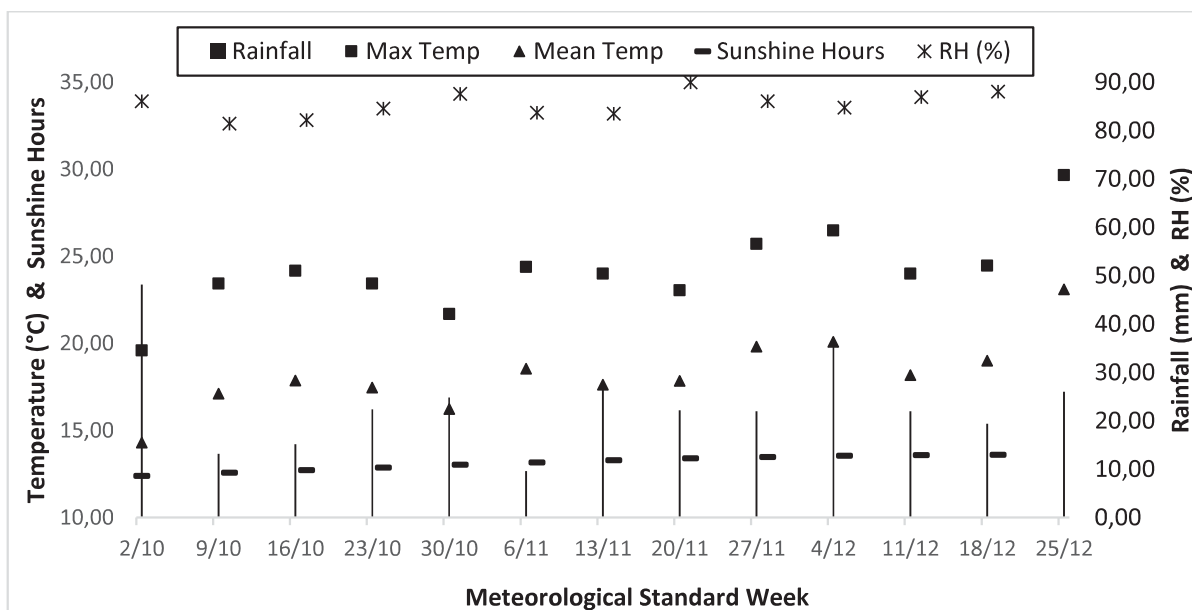


Figure 26: Climatic conditions of the experimental area in Curitiba, Brazil, in 2016.

During the monitoring period, 60 capitula during anthesis (50% open flowers in the capitulum) were marked weekly in the measured plants. In the eighth week, 480 capitula were collected, with 60 in each of the following stages: 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 and 56 days after anthesis (DAA).

Each set of capitula was subjected to friction in sieves for extraction of the seeds (see Seed processing).

#### 5.2.1.2 Dry mass and moisture content

Four replicates of 50 seeds were dried with forced air circulation at 105 °C for 24 hours and weighed again in an analytical balance (0.0001 g). The final weight was considered the dry weight (DW), and the moisture content was calculated as the weight lost in the drying divided by the initial weight (BRASIL, 2009).

#### 5.2.1.3 Seed germination

The seeds obtained at 14 to 56 DAA were submitted to a germination test, with four replicates of 50 seeds in a germination chamber, with a temperature of 25 °C and a photoperiod of 16 hours, on paper moistened with distilled water in the proportion of 3 times the paper mass, in a Petri dish. The seeds were not disinfected, because the high speed of germination did not allow the development of microorganisms. Germinated seeds were considered those with primary root emergence. Evaluations were performed every 24 hours.

The germination percentage (G), germination speed index (GSI), average germination time (AGT), and entropy (E) were calculated according to the statistical procedures adopted by Nassif and Perez (2000):

$$G = \left(\frac{N}{A}\right) \times 100 \quad GSI = \sum \left(\frac{ni}{ti}\right) \quad AGT = (\sum niti) / \sum ni$$

N - number of normal seedlings; A - number of seeds in the sample;  $n_i$  - number of seeds germinating at time "i";  $t_i$  - time after test installation.

#### 5.2.1.4 Data analysis

The Bartlett test confirmed the homogeneity of the data. Variance and regression analyses were performed, and a better trend fit for the curve was obtained.

#### 4.2.2 Seed processing

The identification of the best method of *E. mollis* seed processing was based on a greater proportion of pure seeds to other seeds and inert material. Therefore, we used 500 capitula collected from a sample of 50 plants in the same natural population previously referenced.

Initially, the capitula were mixed and rubbed successively on a set of sieves of 4 mm (ABNT 5), 1 mm (ABNT 18), 0.59 mm (ABNT 30) and 0.053 mm (ABNT 270), and the remaining material was separated and weighed on an analytical balance (0.0001 g). The working sample corresponded to 40 g of the material retained in the ABNT 270 sieve.

The technique of a continuous-flow blower with a vertical air stream was used (De Leo, n°. 059, type 01), as described by Brasil (2009) for *Poa pratensis* L., as no reference was available for *E. mollis*.

The experiment included 6 treatments with 4 replicates of 1 g seed samples each, constituting 5 equipment settings (1, 1.5, 2, 2.5 and 3 cm openings) for 60 seconds and a control without using the equipment. The seeds obtained in the treatments were submitted to tests of purity, 1000 seed weight (TSW) and germination, as described by Brasil (2009) for *Matricaria recutita* L.

#### 5.2.2.1 Purity and mass of 1000 seeds

For the determination of purity, the material of each sample was classified as pure seeds, other seeds and inert material and weighed on an analytical balance. The seed purity of the samples was calculated by the mass of the pure seeds divided by the total mass of the sample.

The MTS of the samples was calculated by weighing eight replicates of 100 pure seeds, and the results were calculated by multiplying by 10 the average weight of the replicates. The coefficient of variation obtained was below 6%.

#### 5.2.2.2 Germination and cultural value

The germination test of the samples was performed according to the methodology previously mentioned. The seeds contained in the inert material removed during ventilation were also submitted to the germination test to verify the possibility of viable seed loss in the procedure.

The cultural value was determined by multiplying the proportion of pure seeds by the proportion of germinated seeds.

#### 5.2.2.3 Data analysis

The Bartlett test confirmed the homogeneity of the data. Analysis of variance was performed, and averages were compared by the Scott-Knott test at a 1% probability of error.

#### 4.2.3 Storage of seeds

The same batch of seeds collected for the processing tests was used. The germination responses of the post-storage seeds were evaluated after 0, 1, 2, 4, 8, 12 and 18 months of cold storage in plastic boxes with lids (Gerbox) in a refrigerator ( $5 \pm 3$  °C) and at room temperature, with four replicates of 50 seeds.

In addition, an accelerated aging test was performed according to Carvalho and Carvalho (2009), Carneiro *et al.* (2000) and Marcos Filho (1999) to establish a correlation between the period in which seeds remain viable under storage and under this test, which is influenced by seed vigor.

The seeds were exposed to 43 °C with 100% relative humidity in an incubator (De Leo, n° 597, type 02) for 0, 24, 48, 72 and 96 hours and evaluated in the germination test with four replicates of 50 seeds.

#### 5.2.3.1 Data analysis

The Bartlett test confirmed the homogeneity of the data. Variance and regression analyses were performed, and a better trend fit for the curve was obtained.

### 4.3 Results

#### 4.3.1 Maturation of seeds

*E. mollis* seeds had higher DW, germination and germination speed and lower moisture and entropy at 49 DAA (Figure 27).

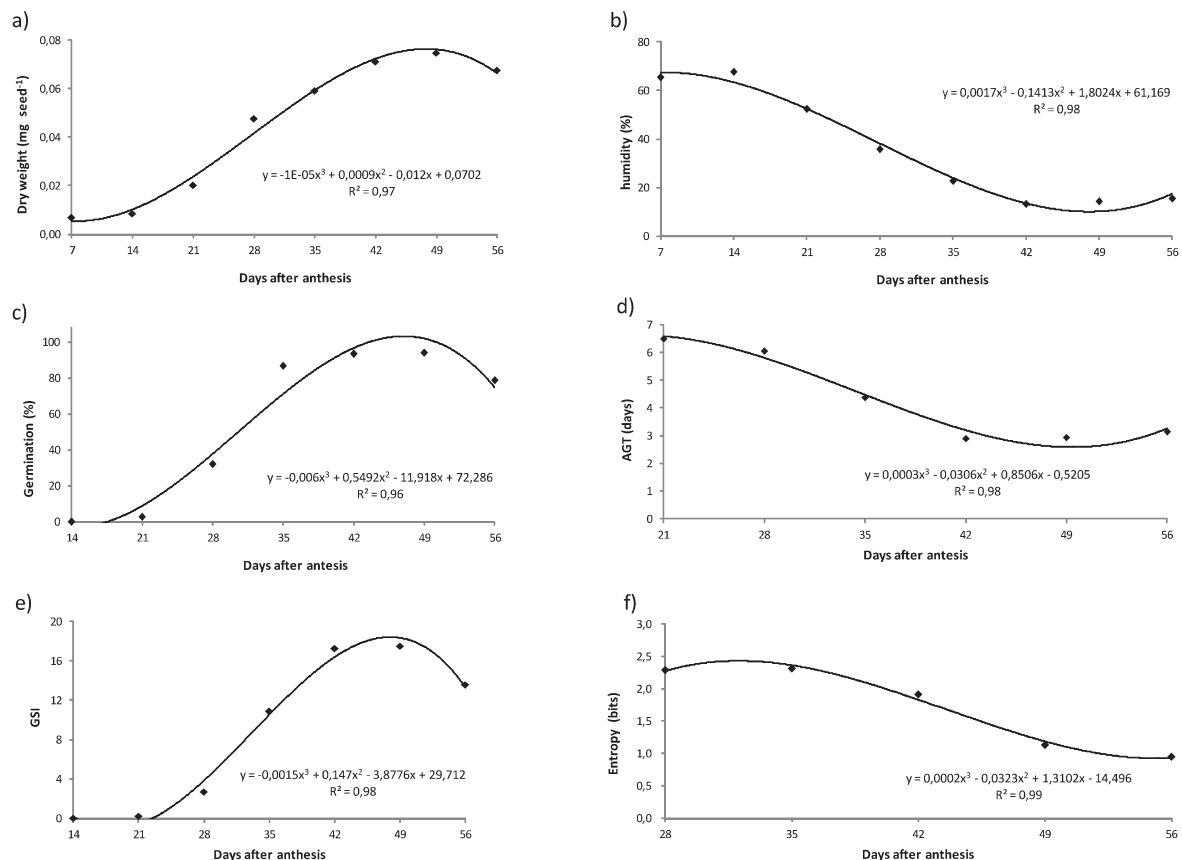


Figure 27: *Elephantopus mollis* Kunth (Asteraceae): a) dry weight; b) moisture; c) germination; d) average germination time (AGT); e) germination speed index (GSI); f) entropy of seeds at different maturation stages ( $p < 0.01$ ).

#### 4.3.1.1 Visual identification of the ideal harvest moment

Floral anthesis occurred from the center to the edge of the capitulum, determining the formation and temporally differentiated maturity of the seeds in a centrifugal sequence.

There was a gradual change in the color and dryness of the interfloral bracts, culminating in a totally brownish and dry appearance at 49 DAA, except for the interfloral bracts at the edge of the capitulum, which remained greenish. The bracts of the capitulum were also still green at this stage (Figure 28).

#### 4.3.2 Seed processing

The capitulum could be separated into straw and seeds using sieves (Figure 29). The 0.59 mm sieve (ABNT 30) allowed the passage of only seeds and some impurities, restricting the passage of straw.



Figure 28: *Elephantopus mollis* Kunth (Asteraceae): a, b, c) anthesis starting from the center of the capitulum; d) capitulum at 7 DAA showing developing flowers, latency and anthesis at the border and seed formation in the center of the capitulum, with yellowing of the interfloral bracts; e) capitulum at the ideal harvest moment, 49 DAA.



Figure 29: *Elephantopus mollis* Kunth (Asteraceae): Processing of seeds in sieves.

The sample obtained with the 0.59 mm sieve presented a purity of 31.9%, without the presence of other seeds and a 1000 seed weight (TSW) of 0.187 g. On average, *E. mollis* showed a yield of  $502 \pm 63$  pure seeds per gram of capitulum.

A continuous-flow blower with a vertical air stream allowed the isolation of seeds with higher purity, TSW, germination and cultural value, eliminating impurities (light fraction),



which constituted 68% of the mass of the seed samples (Table 28). The seeds contained in the light fraction presented low germination, indicating that this material was composed mainly of impurities and empty seeds.

Table 28: *Elephantopus mollis* Kunth (Asteraceae): Percentage of sample mass and seed germination of the light fraction (discard) at each seed blower setting.

Opening (cm)	Light fraction (%)	Seed germination (%)
Control	0	-
1	18,9	0,0 <sup>ns</sup>
1,5	33,0	0,0 <sup>ns</sup>
2	44,8	3,0 <sup>ns</sup>
2,5	62,4	4,0 <sup>ns</sup>
3	68,0	4,0 <sup>ns</sup>
CV (%)	-	48,23

<sup>ns</sup> Not significant at the 5% error probability level.

The purity, TSW, germination and cultural value of the seeds presented a cubic behavior, increasing with increasing seed blower opening size, with a tendency to stabilize (Figure 30). Openings above 3 cm resulted in the loss of most of the pure seeds, so their use is not feasible.

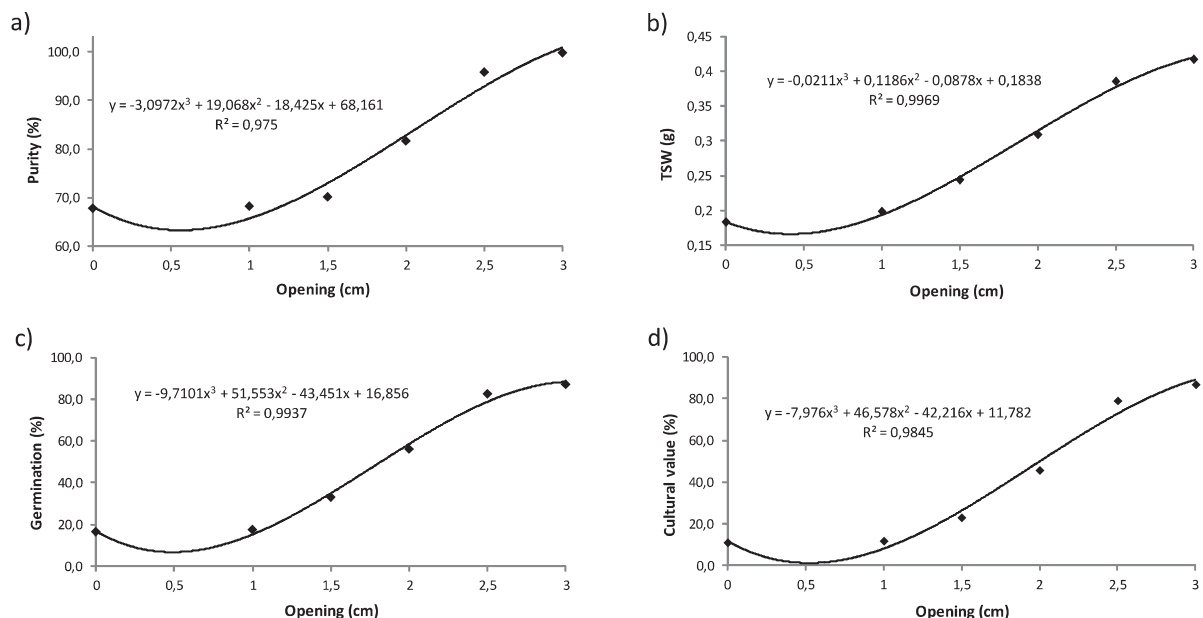


Figure 30: *Elephantopus mollis* Kunth (Asteraceae): a) purity; b) 1000 seed weight (TSW); c) germination; and d) cultural value of seeds after processing in a continuous-flow blower with a vertical air stream under different equipment opening settings ( $p < 0.01$ ).

#### 4.3.3 Storage

Seed storage of *E. mollis* was more efficient when refrigerated, with germination falling only after 12 months of storage (Figure 31).

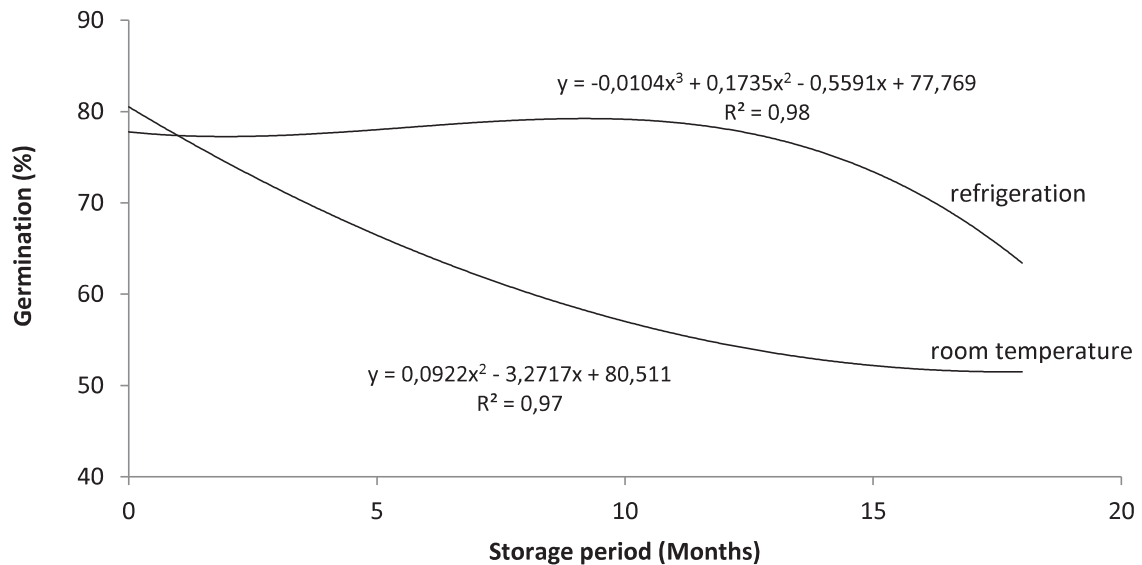


Figure 31: *Elephantopus mollis* Kunth (Asteraceae): Germination of seeds stored for different periods under room temperature and refrigeration ( $p < 0.05$ ). CV: 13.81%.

High humidity and a temperature of 43 °C reduced the physiological quality of the seeds and decreased the percentage of germination, exhibiting quadratic behavior according to the time of exposure to the treatment (Figure 32).

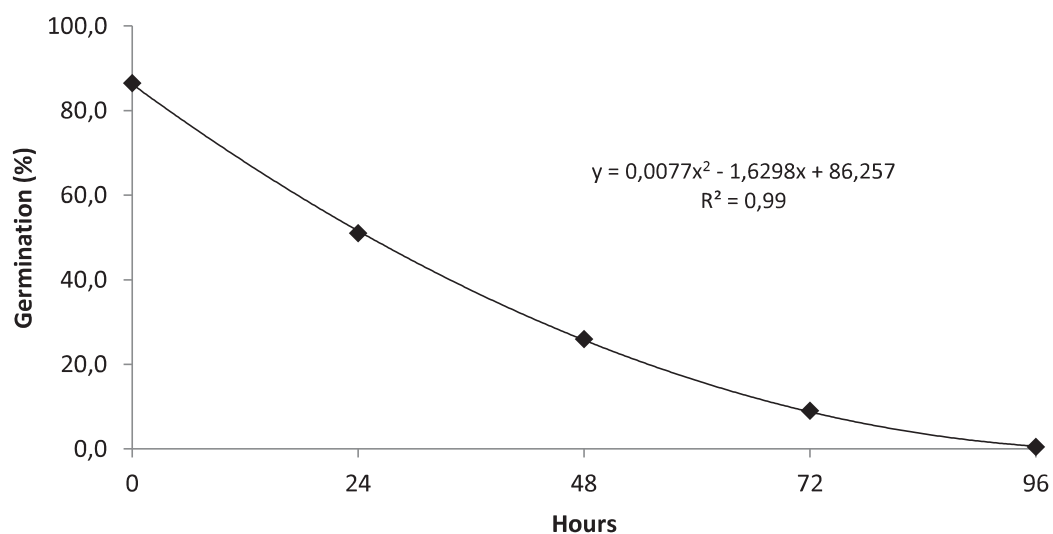


Figure 32: *Elephantopus mollis* Kunth (Asteraceae): Germination of seeds subjected to different periods of accelerated aging at 43 °C and 100% humidity ( $p < 0.01$ ). CV: 8.38%.



The germination potential of *E. mollis* seeds stored for 18 months showed a correlation of 0.93 with the germination potential of seeds exposed to accelerated aging conditions for 24 h.

#### 4.4 Discussion

Seed maturation comprises a series of physical and physiological modifications, mainly in moisture content, DW, germination power and speed of germination (Bentsink and Koornneef, 2008; Oliveira, 2012).

The study of this topic was performed with the objective of determining the ideal harvest moment, when there is a higher seed quality, that is, higher germination potential, DW and germination speed, as well as a lower moisture content that allows the reduction of cellular respiration, increased storage time and control of insects and microorganisms (Rajjou et al., 2012; Toledo and Marcos Filho, 1977).

In the present study, the seeds of *E. mollis* reached higher DW, germination and GSI between 42 and 49 DAA. However, the entropy reduction between 35 and 49 DAA suggests that there were still seeds in the maturation process, and the seeds harvested at 49 DAA, with higher germination synchrony and homogeneity (Nassif and Perez, 2000), had reached physiological maturity. Thus, the ideal harvest moment of *E. mollis* seeds was at 49 DAA, when they had higher DW and germination speed and lower entropy, which could be easily detected visually by the color of the interfloral bracts.

The time after anthesis at which seeds reach maturation can vary with edaphoclimatic conditions, such as insolation, temperature, precipitation and availability of nutrients in the soil, as well as among different populations of the species, as commonly occurs among varieties of cultivated species (Toledo and Marcos Filho, 1977). However, the visual morphological aspects associated with maturation tend to be a precise way to determine the ideal harvest point (Hay and Probert, 2013; Nambara et al., 2010; Rajjou et al., 2012).

Seed harvest before physiological maturity caused low germination, low MS and high water content, which made the use and storage of the seeds impractical.

After maturation, there was an increase in seed moisture, probably due to environmental conditions, which may lead to increased respiration and reduced seed viability (Bezerra et al., 2003; Marcos Filho, 2005). Additionally, after the ideal harvest moment, when the bracts of the floral capitulum were brown and dry, seed dispersal had begun.

Several species of the Asteraceae show similar behavior to that found in this study for *E. mollis*, with seed maturation close to 45 DAA (Bezerra et al., 2003; Duarte et al., 2012; Grzybowski et al., 2016a; Guimarães et al., 1998; Silveira et al., 2002), with some species showing earlier maturation, such as *Adenostemma brasilianum* (Pers.) Cass. at 20 DAA (Godinho et al., 2011b).

The DW, germination and GSI presented similar behaviors, forming cubic curves, with large increases starting at 21 DAA. This behavior was due to the slow onset of seed development; after the fertilization of the ovule, the cell division is more intense than their development, and then, the embryo forms and begins an intense period of translocation and accumulation of DW (Bewley and Black, 2012; Rajjou et al., 2012).

The minimum values of AGT in the present study were below those described in the literature for other species of the Asteraceae, such as *Eupatorium vauthierianum* DC. (19.3 days) (Maluf and Wizenier, 1998), *Emilia sonchifolia* (L.) DC. ex Wight (20.6 days) (Yamashita et al., 2009) and *S. luzulifolia* (29.5 days) (Lattuada et al., 2012).

The low AGT found in *E. mollis* is important for the rapid establishment of agricultural crops, reduction of weeds and facilitation of germination potential tests (Hay and Probert, 2013; Rajjou et al., 2012). This low AGT also allows the establishment of agricultural planting without the need for production of seedlings, which could make the production system more expensive.

The maturation of *E. mollis* seeds occurred concomitantly with their minimum water content, which facilitates harvesting under ideal physiological conditions. This behavior does not correspond to that of the majority of seeds studied, for which maturation occurs with no total reduction of seed moisture, as in the case of *Zea mays* L. and *Glycine max* (L.) Merr., for which the harvest is carried out several days after maturation, when the seeds are low water enough to avoid damage during mechanical harvesting, to ensure low respiration and high durability (Faria et al., 2010; Junior et al., 2014; Rajjou et al., 2012).

The moisture content of the seeds at 49 DAA was below 14%, a value quoted by Marcos Filho (2005) to enable storage of seeds for long periods, thus characterizing them as orthodox seeds.

Reduced moisture content can also be achieved by drying at room temperature or in a dryer before storage (Marcos Filho, 2005). Tognon et al. (2014a), for example, obtained 7.9% moisture by drying at room temperature for five days in seeds of *Senecio brasiliensis* (Spreng.) Less., a species of the family Asteraceae.

The minimum values of moisture found in this work were similar to those obtained by some authors for other species of Asteraceae, such as 10.3% in *Vernonanthura discolor* (Spreng.) H. Rob. (Grzybowski et al., 2016a), 14% in *Bidens segetum* Mart. ex Colla Colla (Tognon et al., 2014b) and 14.1% in *Schlechtendalia luzulifolia* Less. (Lattuada et al., 2012).

The use of the seed blower with openings of 2.5 and 3 cm allowed the isolation of purer seeds, with higher TSW, germination and cultural value. This high purity standard is important for facilitating seed storage and establishment of the crop (Hay and Probert, 2013; Rajjou et al., 2012), while obtaining seeds with higher TSW entails a batch of seeds with higher nutritional reserves, which can make storage possible for longer periods and provide more vigorous germination (Oliveira, 2012).

These values of germination, which were above 80% for the treatments of 2.5 and 3 cm, are considered high for native species of the family Asteraceae (Gomes and Fernandes, 2002; Maluf and Wizenier, 1998; Pereira et al., 1995; Velten and Garcia, 2005).

The cultural value, value of germination and purity presented in these treatments a value of 600% above the control, which shows the efficiency of this technique for *E. mollis*.

The storage of seeds is essential for the establishment of production systems, as it allows the storage, commercialization and availability of seeds with high cultural value to start new crops in the spring (Angelovici et al., 2010; Marcos Filho, 2005).

The higher efficiency of cold storage found in this study was possibly due to the reduction of respiratory activity, which maintained seed viability (Rajjou et al., 2012).

Thus, the seeds of *E. mollis* can be stored for at least 12 months in the cold without reducing their viability, which allows annual use of the harvested seeds. After 18 months, there is a drop in germination potential; however, it remains above 60%.

The accelerated aging test, with high humidity and temperature, probably increased the respiratory rate of the seeds and the consumption of their nutritional reserves, and only the seeds with greater vigor germinated after the test (Bhering et al., 2003; Marcos Filho, 1999; Rodo et al., 2000). Thus, the low germination presented by *E. mollis* seeds after this test may be related to low seed vigor, a result of a small nutritional reserve, which is common in seeds of the Asteraceae family.

Results similar to those of the present study were found for *M. chamomilla* (Rollwagen and Carvalho, 2011b) and *Triticum aestivum* L. (Maia et al., 2007).

The low resistance to the accelerated aging treatment may also be due to the fragility of the physical mechanisms of protection and the absence of dormancy (Binotti et al., 2008). The

rapid reduction of the germination potential may be related to changes in the seed metabolism that lead to the destruction of the cellular membrane system (Bertolin et al., 2011).

There is a high correlation between the germination potential of seeds subjected to 24 hours of accelerated aging and seeds stored for 18 months at room temperature, and thus, the accelerated aging test for 24 hours can be used to estimate seed vigor and viability during storage.

#### 4.5 Conclusions

The ideal harvest moment occurs at 49 days after anthesis and can be identified by the brown coloration of the interfloral bracts, except those at the edge of the capitulum, which remain greenish.

Seeds with a cultural value above 80% can be obtained with the use of a 0.59 mm sieve and a seed blower.

The seeds can be stored for 12 months in the cold without reducing their germination potential. The accelerated aging test allows a rapid estimate of the seed storage viability for 18 months.

#### References

- Angelovici, R., Galili, G., Fernie, A. R., & Fait, A. (2010). Seed desiccation: a bridge between maturation and germination. *Trends in Plant Science*, 15(4), 211–218. DOI: 10.1016/j.tplants.2010.01.003
- Bentsink, L., & Koornneef, M. (2008). Seed Dormancy and Germination. In *The Arabidopsis book* 6 (p. 1-19). Monona: American Society of Plant Biologists. DOI: 10.1199/tab.0119
- Bertolin, D. C., Sá, M. E., & Moreira, E. R. (2011). Parâmetros do teste de envelhecimento acelerado para determinação do vigor de sementes de feijão. *Revista Brasileira de Sementes*, 33(1), 104–112. DOI: 10.1590/S0101-31222011000100012
- Bewley, J. D., & Black, M. (2012). *Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination: Volume 2: Viability, dormancy, and environmental control*. Berlin: Springer Science & Business Media. DOI: 10.1007/978-3-642-68643-6
- Bezerra, A. M. E., Medeiros Filho, S., & Freitas, J. B. S. (2003). Maturidade fisiológica e germinação de sementes de macela (*Egletes viscosa* (L.) Less.) submetidas a secagem. *Horticultura Brasileira*, 21(3), 549–452. DOI: 10.1590/S0102-05362003000300026

- Bhering, M. C., Dias, D., Barros, D. I., Dias, L. A. S., & Tokuhisa, D. (2003). Avaliação do vigor de sementes de melancia (*Citrullus lunatus* Schrad.) pelo teste de envelhecimento acelerado. *Revista Brasileira de Sementes*, 25(2), 1–6. DOI: 10.1590/S0101-31222003000400001
- Binotti, F., Iwamoto Haga, K., Duarte Cardoso, E., Zaratini Alves, C., Sá, M. E., & Arf, O. (2008). Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 30(2). DOI: 10.1590/S1807-86212008000200014
- Brasil. (2009). *Regras para análise de sementes*. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária/MAPA/ACS Brasília.
- Carneiro, J. W. P., Guedes, T. A., Amaral, D., & Braccini, A. L. (2000). Análise exploratória de percentuais germinativos obtidos com sementes de *Stevia rebaudiana* (Bert.) Berton, cenoura e canola envelhecidas artificialmente. *Revista Brasileira de Sementes*, 22(2), 215–222. DOI: 10.17801/0101-3122/rbs.v22n2p215-222
- Carvalho, D. B., & Carvalho, R. I. N. (2009). Qualidade fisiológica de sementes de guanxuma sob influência do envelhecimento acelerado e da luz. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 31(3), 489–494. DOI: 10.4025/actasciagron.v31i3.585
- Clemes, S. D. M., Beirith, A., & Zeni, A. L. B. (2015). Avaliação de polifenóis e capacidade antioxidante de seis espécies da Mata Atlântica. *Scientia Plena*, 11(5), 1-8. <https://scientiaplenu.org.br/sp/article/view/2279>
- Duarte, E. F., Santos, J. A., Souza Peixoto, J., & Santos, C. H. B. (2012). Maturação e dormência em diásporos de carrapicho de carneiro (*Acanthospermum hispidum* DC. Asteraceae). *Journal of Seed Science*, 34(3), 441-449. DOI: 10.1590/S0101-31222012000300011
- Faria, M. A. V. D. R., Pinho, R. G. V., Pinho, É. V. D. R. V., Guimarães, R. M., & Freitas, F. E. D. O. (2010). Qualidade fisiológica de sementes de milho colhidas em diferentes estádios de “linha de leite”. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 1(1), 93-104. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v1n1p93-104
- Godinho, M. A. S., Mantovani-Alvarenga, E., & Vieira, M. F. (2011). Germination and quality of *Adenostemma brasilianum* (pers.) Cass. seeds, a native understory Asteraceae of the

- Atlantic Forest. *Revista Árvore*, 35(6), 1197–1205. DOI: 10.1590/S0100-67622011000700006
- Gomes, V., & Fernandes, G. W. (2002). Germination of *Baccharis dracunculifolia* D.C. (Asteraceae) achene. *Acta Botanica Brasilica*, 16(4), 421–427. DOI: 10.1590/S0102-33062002000400005
- Grzybowski, C. R. S., Silva, R. C., Vieira, E. S. N., & Panobianco, M. (2016). Maturation and germination of *Vernonanthura discolor* seeds. *Ciência e Agrotecnologia*, 40(2), 164–172. DOI: 10.1590/1413-7054201640202215
- Guimarães, T. G., Oliveira, D. A., Mantovani-Alvarenga, E., & Grossi, J. A. S. (1998). Maturação fisiológica de sementes de zínia (*Zinnia elegans* Jacq.). *Revista Brasileira de Sementes*, 20(1), 7–11. DOI: 10.17801/0101-3122/rbs.v20n1p7-11
- Hasegawa, K., Furuya, R., Mizuno, H., Umishio, K., Suetsugu, M., & Sato, K. (2010). Inhibitory effect of *Elephantopus mollis* H.B. and K. extract on melanogenesis in B16 murine melanoma cells by downregulating microphthalmia-associated transcription factor expression. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 74(9), 1908–1912. DOI: 10.1271/bbb.100318
- Hay, F. R., & Probert, R. J. (2013). Advances in seed conservation of wild plant species: a review of recent research. *Conservation Physiology*, 1(1), 1–11. DOI: 10.1093/conphys/cot030
- Ho, W. Y., Yeap, S. K., Ho, C. L., Abdul Rahim, R., & Alitheen, N. B. (2012). Hepatoprotective activity of *Elephantopus scaber* on alcohol-induced liver damage in mice. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 9(1). DOI: 10.1155/2012/417953
- Homma, A. K. O. (2008). *Extratativismo, biodiversidade e biopirataria na Amazônia*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica.
- Hou, C. W., Lin, C. C., Wu, S. P., Chen, Y. L., & Siao, C. (2012). TW201225987 (A). <https://worldwide.espacenet.com>
- Junior, J., Abrahão, E., Mertz, L. M., Henning, F. A., Peske, S. T., Villela, F. A., & Labbé, L. M. B. (2014). Ideal seeds harvest moment of different maize hybrids. *Ciência Rural*, 44(2), 253–260. DOI: 10.1590/S0103-84782014000200010

- Kabiru, A. & Por, L. Y. (2013). Elephantopus species: traditional uses, pharmacological actions and chemical composition. *Advances in Life Science and Technology*, 15(1), 6–13.
- Kitson, R. R. A., Millemaggi, A., & Taylor, R. J. K. (2009). The renaissance of  $\alpha$  methylene  $\gamma$  butyrolactones: New synthetic approaches. *Angewandte Chemie International Edition*, 48(50), 9426–9451. DOI: 10.1002/anie.200903108
- Kondo, C., Senoo, M., Takayama, A., Niimura, T., Hayashi, A., & Kondo, T. (2000). JP2000095663 (A). <https://worldwide.espacenet.com>
- Köppen, W. (1936). *Das geographische System der Klimate* (1. ed., v. 1). Berlin, GE: Verlag von Gebruder Borntraeger.
- Lattuada, D. S., Pezzi, A., Calil, A. C., Leonhardt, C., & Fior, C. S. (2012). Conservação de diásporos de *Schlechtendalia luzulifolia* Less.(Asteraceae). *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 18(2), 97–112.
- Li, H., Li, M., Wang, G., Shao, F., Chen, W., Xia, C., ... Liu, Z. (2016c). EM23, A natural sesquiterpene lactone from *Elephantopus mollis*, induces apoptosis in human myeloid leukemia cells through thioredoxin- and reactive oxygen species-mediated signaling pathways. *Frontiers in Pharmacology*, 7(77). DOI: 10.3389/fphar.2016.00077
- Li, Y., Ye, W., Wang, G., Li, M., & Wang, Y. (2016a). CN105395585 (A). <https://worldwide.espacenet.com>.
- Li, Y., Ye, W., Wang, G., Li, M., & Wang, Y. (2016b). CN105395586 (A). <https://worldwide.espacenet.com>.
- Lorenzi, H., & Matos, F. J. (2002). *Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas* (2. ed., v. 1). Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora.
- Maia, A. R., Lopes, J. C., & Teixeira, C. O. (2007). Efeito do envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de trigo. *Ciência e Agrotecnologia*, 31(3), 678–684. DOI: 0.1590/S1413-70542007000300012
- Maluf, A. M., & Wizenier, B. (1998). Aspectos fenológicos e germinação de sementes de quatro populações de *Eupatorium vauthierianum* DC. (Asteraceae). *Brazilian Journal of Botany*, 21(3), 247–257. DOI: 0.1590/S0100-84041998000300002



- Marcos Filho, J. (1999). Teste de envelhecimento acelerado. In F. C. Krzyzanowski, R. D. Vieira, & J. B. França Neto (Ed.), *Vigor de sementes: conceitos e testes* (p. 3 - 1-3 - 24). Londrina, PR: ABRATES.
- Marcos Filho, J. M. F. (2005). *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba, SP: FEALQ.
- Medeiros, M. F. T., Senna-Vale, L., Andreato, R. H. P., & Fernandes, L. R. R. M. V. (2008). Informações estratégicas geradas através do estudo de patentes de plantas medicinais citadas pelos sitiantes da reserva Rio das Pedras, Mangaratiba, Rio de Janeiro. *Revista de Biologia Neotropical*, 4(2), 139-147. DOI: 10.5216/rbn.v4i2.5214
- Moreira, G. L., & Teles, A. M. (2014). A tribo Vernoniaceae Cass. (Asteraceae) na Serra Dourada, Goiás, Brasil. *Iheringia. Série Botânica*, 69(2), 357–385.
- Nambara, E., Okamoto, M., Tatematsu, K., Yano, R., Seo, M., & Kamiya, Y. (2010). Absciscic acid and the control of seed dormancy and germination. *Seed Science Research*, 20(2), 55–67. DOI: 10.1017/S0960258510000012
- Nassif, S., & Perez, S. C. J. G. A. (2000). Efeitos da temperatura na germinação de sementes de amendoim-do-campo (*Pterogyne nitens* Tul.). *Revista Brasileira de Sementes*, 22(1), 1–6. DOI: 10.17801/0101-3122/rbs.v22n1p1-6
- Ngueguim, F. T., Khan, M. P., Donfack, J. H., Siddiqui, J. A., Tewari, D., Nagar, G. K., ... Chattopadhyay, N. (2012). Evaluation of Cameroonian plants towards experimental bone regeneration. *Journal of Ethnopharmacology*, 141(1), 331–337. DOI: 10.1016/j.jep.2012.02.041
- Oliveira, O. S. (2012). *Tecnologia de sementes florestais: espécies nativas*. Curitiba, PR: Ed. da UFPR.
- Ooi, K. L., Tengku Muhammad, T. S., Tan, M. L., & Sulaiman, S. F. (2011). Cytotoxic, apoptotic and anti- $\alpha$ -glucosidase activities of 3,4-di-O-caffeoyl quinic acid, an antioxidant isolated from the polyphenolic-rich extract of *Elephantopus mollis* Kunth. *Journal of Ethnopharmacology*, 135(3), 685–695. DOI: 10.1016/j.jep.2011.04.001
- Ooi, K. L., Tengku Muhammad, T. S., Lam, L. Y., & Sulaiman, S. F. (2014). Cytotoxic and apoptotic effects of ethyl acetate extract of *Elephantopus mollis* Kunth. in human liver



- carcinoma HepG2 cells through caspase-3 activation. *Integrative Cancer Therapies*, 13(3), 1-9. DOI: 10.1177/1534735411433203
- Pereira, M. L., Zanon, A., & Scheffer, M. C. (1995). Germinação de sementes de guaco-*Mikania glomerata* Spreng.(Asteraceae). *Horticultura Brasileira*, 13(1), 104-105.
- Poli, A., Nicolau, M., Oliveira Simões, C. M., Ribeiro-do-Valle Nicolau, R. M., & Zanin, M. (1992). Preliminary pharmacologic evaluation of crude whole plant extracts of *Elephantopus scaber*. Part I: in vivo studies. *Journal of Ethnopharmacology*, 37(1), 71–76. DOI: 10.1016/0378-8741(92)90005-C
- Rajjou, L., Duval, M., Gallardo, K., Catusse, J., Bally, J., Job, C., & Job, D. (2012). Seed germination and vigor. *Annual Review of Plant Biology*, 63(1), 507–533. DOI: 10.1146/annurev-arplant-042811-105550
- Rodo, A. B., Panobianco, M., & Marcos Filho, J. (2000). Metodologia alternativa do teste de envelhecimento acelerado para sementes de cenoura. *Scientia Agricola*, 57(2), 289–292. DOI: 10.1590/S0103-90162000000200015
- Rollwagen, D. G., & Carvalho, R. (2011). Qualidade fisiológica de sementes de camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] após envelhecimento acelerado e estresse salino. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 13(2), 139-145. DOI: 10.1590/S1516-05722011000200003
- Shao, F. Y., Wang, S., Li, H.-Y., Chen, W.-B., Wang, G.-C., Ma, D.-L., ... Liu, Z. (2016). EM23, a natural sesquiterpene lactone, targets thioredoxin reductase to activate JNK and cell death pathways in human cervical cancer cells. *Oncotarget*, 7(6), 6790–6808. DOI: 10.18632/oncotarget.6828
- Siedle, B., Gustavsson, L., Johansson, S., Murillo, R., Castro, V., Bohlin, L., & Merfort, I. (2003). The effect of sesquiterpene lactones on the release of human neutrophil elastase. *Biochemical Pharmacology*, 65(5), 897–903. DOI: 10.1016/S0006-2952(02)01652-0
- Silveira, M. A. M., Villela, F. A., & Tillmann, M. A. A. (2002). Maturação fisiológica de sementes de calêndula (*Calendula officinalis* L.). *Revista Brasileira de Sementes*, 24(2), 31–37. DOI: 10.1590/S0101-31222002000100006
- Sosa, A. M., Amaya, S., Capusiri, E. S., Gilabert, M., Bardón, A., Giménez, A., ... Borkosky, S. A. (2016). Active sesquiterpene lactones against *Leishmania amazonensis* and

- Leishmania braziliensis*. *Natural Product Research*, 30(22), 2611–2615. DOI: 10.1080/14786419.2015.1126260
- Tabopda, T. K., Ngoupayo, J., Liu, J., Ali, M. S., Khan, S. N., Ngadjui, B. T., & Luu, B. (2008). Further cytotoxic sesquiterpene lactones from *Elephantopus mollis*. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 56(2), 231–233. DOI: 10.1248/cpb.56.231
- Tabopda, T., Liu, J., Ngadjui, B., & Luu, B. (2007). Cytotoxic triterpene and sesquiterpene lactones from *Elephantopus mollis* and induction of apoptosis in neuroblastoma cells. *Planta Medica*, 73(4), 376–380. DOI: 10.1055/s-2007-967132
- Tognon, G. B., Panobianco, M., Cuquel, F. L., & Zuffelato. (2014a). Viabilidade e conservação de diásporos de espécies nativas com potencial ornamental. *Iheringia. Série Botânica*, 69(2), 347–355.
- Tognon, G. B., Pimenta, A. C., Panobianco, M., Cuquel, F. L., & Zuffellato-Ribas, K. C. (2014b). Germinação e morfologia de diásporos e plântulas de *Bidens segetum* Mart. ex Colla. *Revista Agro@mbiente On-line*, 8(2), 238–243.
- Toledo, F., & Marcos Filho, J. (1977). *Manual das sementes: tecnologia da produção*. São Paulo, SP: Editora Agronômica Ceres.
- Umishio, K., Maeda, K., & Kobayashi, K. (2006). TW200626182 (A). <https://worldwide.espacenet.com>
- Velten, S. B., & Garcia, Q. S. (2005). Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Eremanthus* (Asteraceae), ocorrentes na Serra do Cipó, MG, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 19(4), 753–761. DOI: 10.1590/S0102-33062005000400010
- Wu, Z.-N., Zhang, Y.-B., Chen, N.-H., Li, M.-J., Li, M.-M., Tang, W., ... Wang, G.-C. (2017). Sesquiterpene lactones from *Elephantopus mollis* and their anti-inflammatory activities. *Phytochemistry*, 137(1), 81–86. DOI: 10.1016/j.phytochem.2017.01.020
- Yamashita, O. M., Guimarães, S. C., Silva, J. L., Carvalho, M. A. C., & Camargo, M. F. (2009). Fatores ambientais sobre a germinação de *Emilia sonchifolia*. *Planta daninha*, 27(4), 673–681. DOI: 10.1590/S0100-83582009000400005

## 5 PROPAGAÇÃO E NUTRIÇÃO DE *Solidago chilensis* MEYEN

### RESUMO

*Solidago chilensis* Meyen. é uma planta herbácea, aromática, pesquisada para diversos usos medicinais e empregada pela indústria para produção de fitoterápicos anti-inflamatórios com marcador químico o flavonoide quercitrina (3-O-ram-quercetina). Apesar da demanda industrial, não há cultivo da espécie, sendo necessário desenvolvimento de tecnologia básica para obtenção de matéria prima em quantidade e qualidade exigidas pela indústria e para preservação da espécie. Neste sentido, foi realizada pesquisa sobre propagação e nutrição de *S. chilensis*. Sementes de quatro populações foram colhidas, processadas e calculado o número de sementes por panícula, rendimento de sementes, peso de mil sementes e potencial germinativo em distintas temperaturas. Foram realizados experimentos com doses de nitrogênio, potássio, fósforo e calcário dolomítico sendo avaliados caracteres biométricos, teores de quercitrina, teor e composição de óleos essenciais, teores de açúcares solúveis totais, açúcares redutores, proteínas, e teor do nutriente aplicado. A espécie apresenta elevada produção de sementes, porém majoritariamente chochas, necessitando processamento. O potencial germinativo das sementes processadas foi entre 39,4 e 59,2, e há correlação com peso de mil sementes. As sementes germinam entre as temperaturas de 15 e 35 °C, sendo 24,5 °C a temperatura ideal. O fornecimento de 5,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 1,5 g planta<sup>-1</sup> de potássio resulta em maior produção e qualidade de partes aéreas da espécie nas condições avaliadas. Maiores doses podem resultar em perda de qualidade. O nível de fósforo no solo deve ser elevado para pelo menos 30 mg dm<sup>-3</sup> e o pH entre 5,5 e 6,5.

**Palavras-chave:** Anti-inflamatório, quercitrina, fitoterápico, óleos essenciais.

### ABSTRACT

*Solidago chilensis* Meyen. is an herbaceous and aromatic plant, researched for several medicinal uses and used by the industry to produce phytotherapeutic anti-inflammatory based on the flavonoid quercitrin (3-O-ram-quercetin). Despite the industrial demand for these raw material, it is not cultivated and is necessary to develop basic technology to obtain raw material in quantity and quality required by the industry in order to preserve the species and its habitat. In this sense, research was carried out on propagation and nutrition of *S. chilensis*. Seeds of four populations were harvested, processed and calculated the number of seeds per panicle, seed yield, weight of one thousand seeds and germination potential at different temperatures. Experiments were performed with nitrogen, potassium, phosphorus and dolomitic limestone dosages. Biometric characteristics, quercetin content and essential oils content were evaluated. The species presents high production of seeds, but mainly pine needles, requiring processing. The germination potential of the seeds processed was between 39.4 and 59.2, being directly related to the weight of one thousand seeds. The seeds germinate between the temperatures of 15 and 35 °C, being 24.5 °C the ideal temperature. The supply of 5.1 g plant<sup>-1</sup> of nitrogen and 1.5 g of plant<sup>-1</sup> of potassium results in higher yield and quality of *S. chilensis* aerial parts under the conditions evaluated. Higher doses result in low quality. The level of phosphorus in the soil must be raised to at least 30 mg dm<sup>-3</sup> and the pH between 5.5 and 6.5.

**Palavras-chave:** Anti-inflammatory, quercitrin, herbal medicines, essential oils.

## 5.1 INTRODUÇÃO

A arnica brasileira, *Solidago chilensis* Meyen., é a única espécie do gênero no Brasil. Da família Asteraceae, é um subarbusto ereto, perene, entouceirado, rizomatoso de 80 a 180 cm de altura, caule não ramificado, folhas de 10 cm de comprimento e 1,5 cm de largura em média, reconhecida por suas inflorescências amarelas em grandes panículas de cerca de 20 cm, encontrada em várias regiões do país com maior ocorrência nas regiões de altitude sul e sudeste (VALVERDE et al., 2013).

A planta é utilizada tradicionalmente para tratar inflamações, em substituição à *Arnica montana* L., além do uso no tratamento de doenças gástricas (MELO et al., 2011; SOUZA et al., 2018b).

As propriedades fitoquímicas e medicinais e o potencial de uso da espécie ainda são pouco conhecidas, entretanto estudos farmacológicos têm descrito atividade anti-inflamatória (GOULART et al., 2007; LIZ et al., 2008; TAMURA et al., 2009; ASSINI et al., 2013), com eficiência no combate à lombalgia (SILVA et al., 2010) e tendinite (SILVA et al., 2015a), atividade gastroprotetora e antiulcerogênica (HIRSCHMANN et al., 2002; RODRÍGUEZ et al., 2005; BUCCIARELLI et al., 2010; BARROS et al., 2016), antioxidante (GÜNTNER et al., 1999; RUSSO; GARBARINO, 2008; SABIR et al., 2012), hepatoprotetor (MELO et al., 2011; SABIR et al., 2012), cicatrizante (FACURY NETO et al., 2004; GASTALDO et al., 2012), antibacteriano (MOREL et al., 2006; RAFAEL et al., 2009; FREIRES et al., 2010), antifúngico (VILA et al., 2002), anti-cândida (DUARTE et al., 2005), anticarcinogênico (BAGATINI et al., 2009), proteção dos eritrócitos (FREITAS et al., 2008), atividade antiplaquetária (RAFAEL et al., 2009), dissolução de coágulos sanguíneos (BORGES et al., 2008), redução de colesterol e na prevenção da aterosclerose (ROMAN JUNIOR et al., 2015), hipoglicêmico e hipolipidêmico (SCHNEIDER et al., 2015), atividade antimicrobiana no combate à mastite (AVANCINI et al., 2008) e por não ser tóxica pode ser ingerida com segurança (DOMINGUES MARTINS et al., 2009).

A espécie está na Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde (RENISUS) com a sinonímia *Solidago microglossa* DC. e marcador químico a quercitrina (BRASIL, 2009b). Há diversos compostos na espécie que conferem atividade anti-inflamatória, com destaque para os flavonoides. Como a quercitrina (3-O-ram-quercetina) é o flavonoide majoritário e apresenta forte atividade

anti-inflamatória, é utilizado como padrão para mensurar a qualidade química da matéria prima e do fitoterápico (WAGNER et al., 2006; 2010; GOULART et al., 2007; LIZ et al., 2008; SMOLAREK, 2011; VALVERDE et al., 2013; BARROS et al., 2016).

A espécie é amplamente comercializada no país há décadas. Pode ser encontrada em lojas de produtos naturais na forma de partes aéreas secas e moídas; em supermercados e farmácias como gel para massagem com ação de relaxamento muscular; e em farmácias o fitoterápico na forma de tintura para consumo oral como anti-inflamatório e externo para tratamento de contusões, dores musculares, hematomas (Figura 33) (BRASIL, 2019).



Figura 33: *Solidago chilensis* Meyen: alguns comerciais disponíveis no mercado.

Fonte: Adaptado de As Ervas Curam (2019), Biomatika (2019) e Americanas (2019).

Mesmo havendo uma cadeia comercial estabelecida, levantamentos de dados do governo local ressaltam a inexistência do cultivo da espécie (CORRÊA JÚNIOR et al., 2004, 2006, 2014). As indústrias farmacêuticas que produzem fitoterápicos com a espécie reclamam da pouca oferta da planta e da baixa qualidade.



Desta forma, é necessário desenvolver técnicas de cultivo da espécie, com vistas à criação da base da cadeia produtiva e obtenção da matéria prima de qualidade (HOMMA, 2012). Para tanto, dentre os principais quesitos necessários, destacam-se a propagação e a nutrição da espécie (MARES et al., 2016; KANTAR et al., 2018).

A propagação por sementes propicia a obtenção de grande quantidade de plantas em produção a baixo custo. Há diversas formas de obtenção, armazenamento e plantio das sementes, técnicas que resultam em ganho de rendimento na agricultura (CATÃO et al., 2010; PADUA et al., 2010; GODINHO et al., 2011; DINIZ et al., 2013). A nutrição influencia a produtividade e qualidade dos cultivos agrícolas, sendo necessária compreensão das exigências de cada cultura visando maximização da produção de biomassa e obtenção da qualidade necessária (CORRÊA et al., 2010; OHTSU; WASAKI, 2010; PEGORARO et al., 2010).

Neste sentido, visando contribuir à criação de bases científicas para o cultivo da espécie, este trabalho contempla resultados de pesquisa sobre a propagação sexuada de *S. chilensis* e as respostas biométricas e bioquímicas à nutrição.

Objetivou-se aferir as melhores condições para germinação das sementes além do efeito da adubação com nitrogênio, fósforo, potássio e calcário dolomítico na produção de biomassa, no teor de quercitrina e no teor e composição dos óleos essenciais.

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.2.1 Propagação

As sementes foram colhidas manualmente de panículas em senescência de 200 plantas de quatro populações, localizadas em São José e São Joaquim (Santa Catarina), Campo Largo e Pinhais (Paraná), em março de 2016 (Figura 34). As sementes foram retiradas manualmente das panículas, submetidas à peneira de 1mm e soprador de sementes De Leo® (N° 059, tipo 01) com abertura de 1,25 cm. As amostras obtidas foram analisadas quanto a pureza, peso de mil sementes (PMS) e germinação segundo metodologia da Regras para Análise de Sementes para *Matricaria recutita* L. (BRASIL, 2009a).

Para a determinação da pureza, o material foi classificado em semente pura e material inerte e pesadas em balança analítica. A pureza de sementes das amostras foi calculada como a massa das sementes puras dividido pela massa total da amostra.

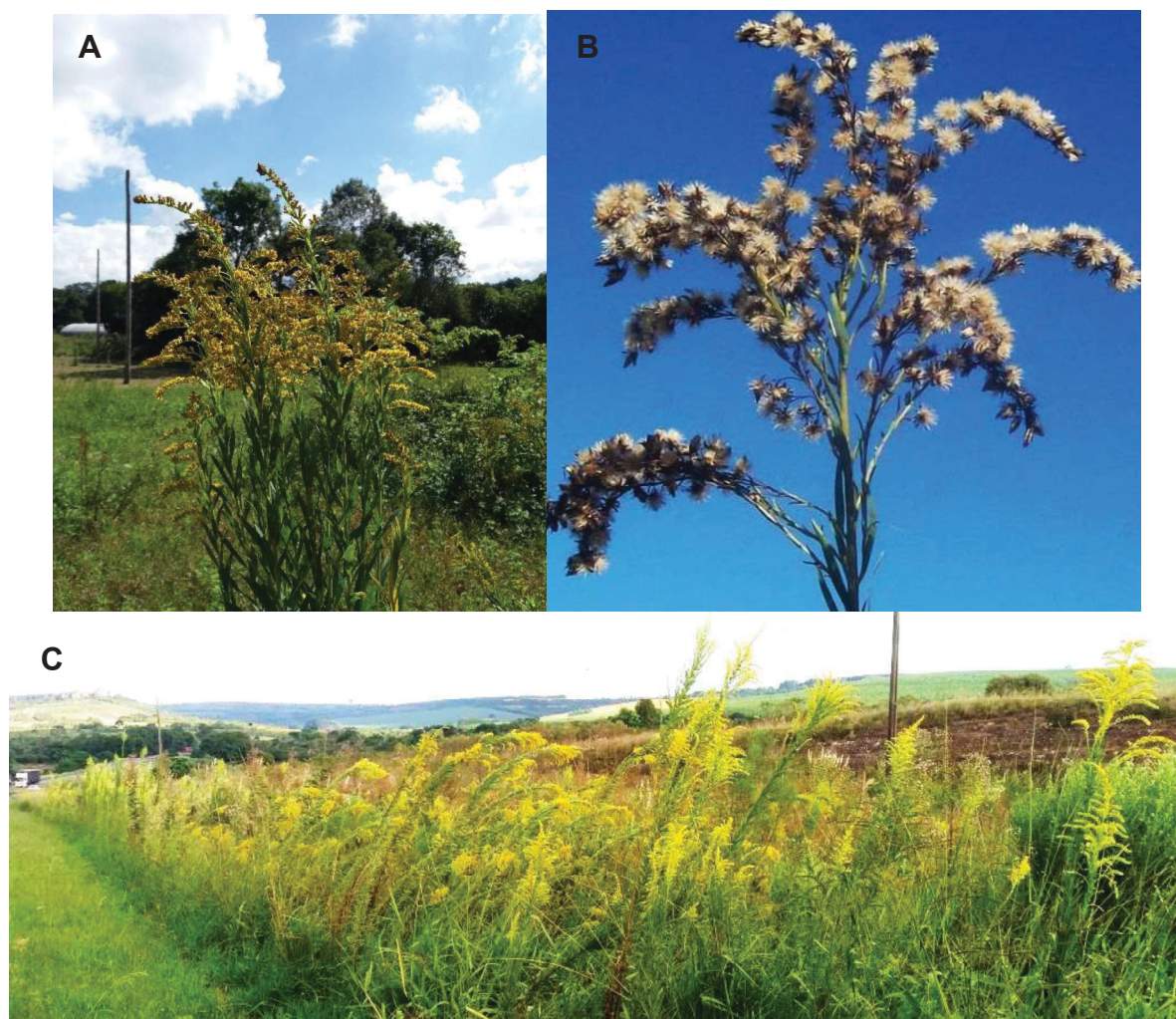


Figura 34: *Solidago chilensis* Meyen: inflorescência (A), panícula em senescência (B) e população natural em Campo Largo (Paraná) (B).

A determinação do PMS das amostras deu-se com a pesagem em balança analítica de oito repetições de 100 sementes puras, sendo o resultado calculado multiplicando-se por 10 o peso médio das repetições.

O teste de germinação foi realizado com quatro repetições de 100 sementes em câmara de germinação, temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 16 h, sobre papel umedecido com água destilada na proporção de 3 vezes a massa de papel, em placa de Petri. Considerou-se germinada a semente que apresentou emissão da raiz primária em avaliação após 240 horas, sendo determinado:

- Tipo de germinação, epígea e hipógea.
- Porcentagem de germinação (G):  $G = (N/A) \times 100$ , em que: N = número de plântulas normais; A = número de sementes na amostra. Unidade: %.

O número de sementes puras por planta foi calculado

Calculou-se o número de sementes puras por planta, por estimativa através da pesagem das sementes de 25 panículas antes do processamento, retirando-se 5 amostras de 20 mg para contagem e posterior pesagem das sementes puras. Calculou-se, também o rendimento de sementes por capítulo floral, calculado como a massa de sementes puras dividido pela massa dos capítulos florais.

A influência da temperatura na germinação das sementes foi avaliada por meio de teste de germinação conforme descrito acima, sendo utilizadas sementes das 4 populações, homogeneizadas. Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes sob as temperaturas de 10, 15, 20, 25, 27, 30 e 35 °C, com avaliação diária, sendo calculadas as variáveis G, tempo médio de germinação (TMG) e Entropia (E), sendo esta última calculada de acordo com procedimentos estatísticos adotados por Nassif e Perez (2000) e Labouriau e Pacheco (1978).

- Porcentagem de germinação (G):  $G = (N/A) \times 100$ , em que: N = número de plântulas normais; A = número de sementes na amostra. Unidade: %.

- Tempo médio de germinação (TMG):  $TMG = (\sum n_i t_i) / \sum n_i$ , onde:  $n_i$  = número de sementes germinadas por dia;  $t_i$  = tempo de incubação;  $i = 1 \rightarrow n$  dias. Unidade: dias.

### 5.2.2 Nutrição

Foram realizados quatro experimentos constituídos de doses de nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P) e calcário dolomítico (Figura 35). Os ensaios de nutrição com N, P, K foram conduzidos em condições de campo no Centro de Estações Experimentais do Canguiri (CEEx – Universidade Federal do Paraná), município de Pinhais, Paraná (25°38'58" S, 49°12'59" W, 916 m de altitude).

O clima da região é classificado como Cfb de Köppen, subtropical super úmido, mesotérmico com verões frescos e geadas severas demasiadamente frequentes, sem estação seca definida. As condições climáticas durante os experimentos podem ser observadas na Figura 36.

O solo em análise química e física prévia apresentou pH SMP= 6,1;  $Al^{+3} = 0,0$  cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>;  $H^+ + Al^{+3} = 5,9$  cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>;  $Ca^{+2} = 6,7$  cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>;  $Mg^{+2} = 3,2$ ;  $K^+ = 0,24$  cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; P= 8,0 mg dm<sup>-3</sup>; C= 28,1 g dm<sup>-3</sup>; saturação por bases 57% e teor de argila 400 g kg<sup>-1</sup>. De acordo com a recomendação da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e Tecido Vegetal (2004) para outras espécies medicinais de Asteraceae como calêndula, camomila, carqueja e estêvia, o solo apresentava teor de potássio médio e



teor de fósforo baixo. Não foram aplicados corretivos de solo. Foram realizadas duas aragens a 30 cm de profundidade e uma gradagem superficial para preparo do solo.



Figura 35: *Solidago chilensis* Meyen - implantação de experimento (A), plantas em desenvolvimento (B, C), experimento em casa de vegetação (D).

O experimento com doses de calcário dolomítico foi realizado em cultivo protegido no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Paraná (25°24'46.86"S e 49°14'50.28"O, 919 m de altitude) com temperatura média de 25±5 °C e irrigação

diária. O solo em análise química e física prévia apresentou pH SMP= 4,7;  $\text{Al}^{+3}$ = 4,1  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{H}^{+} + \text{Al}^{+3}$ = 9,3  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca}^{+2}$ = 1,3  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg}^{+2}$ = 0,7;  $\text{K}^{+}$  = 0,37  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; P= 14,3  $\text{mg dm}^{-3}$ ; C= 16,4  $\text{g dm}^{-3}$ ; saturação por bases 37% e teor de argila 450  $\text{g kg}^{-1}$ . Assim, o solo caracterizava-se como de baixo pH e elevado teor de alumínio, elemento tóxico às (REDE OFICIAL DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE SOLO E TECIDO VEGETAL, 2004).

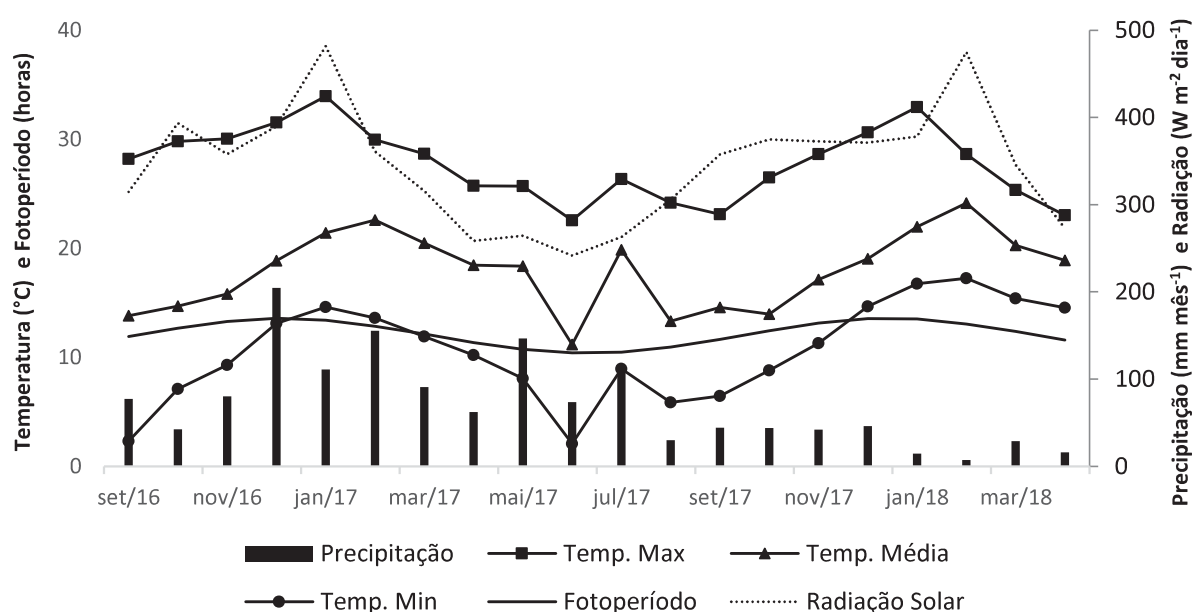


Figura 36: Temperaturas máxima, média e mínima, fotoperíodo, precipitação e radiação solar em Pinhais, Paraná.

A produção de mudas foi realizada por meio de sementes, alocadas em substrato comercial para hortaliças Plantmax HT®, em bandejas de plástico de 50 x 30 cm. Para o transplante e início dos experimentos foram escolhidas mudas homogêneas, com 10 a 12 cm de comprimento e três pares de folhas.

O espaçamento utilizado foi de 50 cm entre plantas e 50 cm entre linhas (40.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ ). Cada parcela era composta por 25 plantas, sendo cinco linhas de cinco plantas, com nove plantas úteis e bordadura externa descartada. Foram utilizadas cinco repetições. Delineamento experimental em blocos ao acaso.

O plantio ocorreu dia 08 de setembro de 2016. Foi realizada irrigação manual diariamente nos 12 primeiros dias após o plantio (DAP) para garantir o pegamento das mudas. As mudas mortas na primeira semana foram repostas. O controle manual das plantas espontâneas foi realizado semanalmente.



As doses de todos os nutrientes foram escolhidas com base em testes preliminares realizados sob recomendação da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e Tecido Vegetal (2004) para *Stevia rebaudiana* Bert., tendo em vista a ausência de informações para espécie ou espécies similares.

No experimento com N, foram testadas as doses 0; 1; 1,8; 3; 5,1; 8,6; 14,7 e 24,9 g de N por planta, sendo acompanhado por 2,5 g de K<sub>2</sub>O e 1,7 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por planta em todas as parcelas, dividido em três aplicações. A dose de 3 g planta<sup>-1</sup> de N é a recomendada para *S. rebaudiana* (REDE OFICIAL DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE SOLO E TECIDO VEGETAL, 2004).

No experimento com K, foram testadas as doses 0; 0,9; 1,5; 2,5; 4,2; 7,1; 11,9 e 19,9 g de K<sub>2</sub>O por planta, sendo acompanhado por 3 g de N e 1,7 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por planta em todas as parcelas, dividido em três aplicações. A dose de 2,5 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O trata-se da recomendada para *S. rebaudiana* (REDE OFICIAL DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE SOLO E TECIDO VEGETAL, 2004).

No experimento com P, foram testadas as doses 0; 0,3; 0,6; 1; 1,7; 2,9; 4,9 e 8,3 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por planta, sendo acompanhado por 3 g de N e 2,5 g de K<sub>2</sub>O por planta em todas as parcelas, dividido em três aplicações. As doses de 1,7 e 2,9 g planta<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tratam-se, respectivamente, da recomendação para elevar o teor de fósforo no solo a 30 mg dm<sup>-3</sup> e da recomendada para *S. rebaudianas* (REDE OFICIAL DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE SOLO E TECIDO VEGETAL, 2004).

Por fim, no experimento com calcário dolomítico, este foi misturado ao solo dois meses antes do plantio, condicionado em vasos de 5,6 L, sendo plantadas cinco plantas por vaso. Utilizaram-se cinco repetições. Foram testadas doses de calcário dolomítico que representam 0; 18,6; 31,6; 53,7; 91,2; 154,8; 262,8 e 446,3 g de Ca por planta e 0; 8,2; 13,9; 23,7; 40,3; 68,6; 116,5 e 198,1 g de Mg por planta, sendo acompanhado por 1,5 g de N, 1 g de K<sub>2</sub>O e 0,7 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por vaso em todas as parcelas, dividido em três aplicações.

As doses referentes a 31,6 e 91,2 g planta<sup>-1</sup> de Ca tratam-se, respectivamente, da recomendação para elevar o pH do solo a 5,5 e 6,5 (REDE OFICIAL DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE SOLO E TECIDO VEGETAL, 2004).

Os veículos de N, K e P foram, respectivamente, uréia, cloreto de potássio e superfosfato triplo.

Os resultados do experimento de calagem foram exibidos com base na dose de Ca para facilitar a exibição dos dados, todavia, a influência do produto nas plantas pode ser oriunda do Ca, Mg, assim como das moléculas que veiculam tais elementos que podem influenciar a elevação do pH do solo e precipitação de alumínio.

Foram avaliados dois anos de produção. As plantas foram colhidas quando alcançaram floração plena, considerado quando mais de 50% das flores estavam abertas. Assim, a colheita foi realizada dia 06 de abril de 2017 e 23 de abril de 2018, pois o estágio fenológico do florescimento era homogêneo entre os tratamentos. A indicação do ponto de colheita durante o florescimento advém do conhecimento prévio das indústrias farmacêuticas que consomem a matéria prima.

Foram pesados 50 discos de folhas de 0,785 cm<sup>2</sup> de cada parcela experimental para aferição do índice de área foliar (IAF) e área foliar específica (AFE) calculados proporcionalmente à massa total de folhas da parcela, conforme Souza et al. (2012). O IAF foi calculado como a área foliar dividida pela área do solo. A AFE foi calculada pela divisão da área foliar pela massa seca de folhas.

As plantas foram medidas do solo ao ponto mais alto e avaliado o acamamento pelo percentual de plantas que perderam o porte ereto.

As plantas foram cortadas rente ao solo, separadas as folhas dos caules manualmente, pesadas e armazenadas em sacos de papel multifoliado kraft®. Parte do material foi encaminhado para análises bioquímicas e o restante foi acondicionado em secador com circulação de ar forçado a 65 °C por 40 h e pesado para determinação da massa seca de folhas (MSF) e massa seca de caule (MSC). A massa seca total (MST) (massa seca da parte aérea) foi calculada pela soma da MSF e MSC. O percentual de folha na massa seca foi calculado pela razão entre MSF e MST.

O teor de proteínas nas folhas da planta foi determinado pelo método Bradford (BRADFORD, 1976). Foram macerados 500mg de tecido foliar em 10 mL de solução tampão fosfato 0,2 M pH 7,5. O extrato foi alocado em tubos de ensaio (Figura 37) e centrifugado por 10 min a 12.000 rpm a 4 °C. Foi transferido 100 µL do sobrenadante para tubo de ensaio e acrescido 2,5 mL de Bio-Rad®. Após 5 min, foi realizada leitura em espectrofotômetro (UV-1601-Shimadzu®) no comprimento de onda de 630 nm. Utilizou-se soro albumina bovina (SAB) como padrão.

Os valores das absorbâncias foram convertidos em dosagem mg g<sup>-1</sup> através de curva padrão elaborada com seis concentrações de SAB, 0; 20; 40; 60; 80 e 100 µL

acrescido respectivamente de 100; 80; 60; 40; 20 e 0  $\mu\text{L}$  de tampão fosfato 0,2 M pH 7,5 e 2,5 mL de Bio-Rad®, seguindo o mesmo procedimento citado anteriormente.



Figura 37: *Solidago chilensis* Meyen - extração de quercitrina em aparelho Soxhlet (A, B) e quantificação do teor de proteína foliar (C).

O teor de açúcares totais foi quantificado pelo método fenolsulfúrico (DUBOIS et al., 1956). Foi macerado 500mg de tecido foliar em 10 mL de solução tampão fosfato 0,2 M pH 7,5. O extrato foi alocado em tubos de ensaio e centrifugado por 10 min a 12.000 rpm a 4 °C. Foram transferidos 100 µL do sobrenadante para tubo de ensaio, acrescido de 0,5 mL de fenol 5% e 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado e agitado. Foi realizada leitura em espectrofotômetro (UV-1601-Shimadzu®) no comprimento de onda de 490 nm.

Os valores das absorbâncias foram convertidos em dosagem mg g<sup>-1</sup> por meio de curva padrão elaborada com oito concentrações de glucose, 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 e 0,7 g L<sup>-1</sup> acrescido 0,5 mL de fenol 5% e 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado, lidos no mesmo espectrofotômetro e comprimento de onda de 490 nm.

O teor de açúcares redutores foi quantificado pelo método dinitrosalicilato (DNS) (MILLER, 1959). Foram macerados 500mg de tecido foliar em 10 mL de solução tampão fosfato 0,2 M pH 7,5. O extrato foi alocado em tubos de ensaio e centrifugado por 10 min a 12.000 rpm e 4 °C. Foi transferido 1 mL do sobrenadante para tubo de ensaio, acrescido 1 mL de DNS, agitado e aquecido em banho-maria em ebulição por 5 min. Após o resfriamento, foi realizada leitura em espectrofotômetro (UV-1601-Shimadzu®) no comprimento de onda de 540 nm.

Os valores das absorbâncias foram convertidos em dosagem mg g<sup>-1</sup> por meio de curva padrão elaborada com oito concentrações de glucose, 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 e 0,7 g L<sup>-1</sup> acrescido 1 mL de DNS, agitado e aquecido em banho-maria em ebulição por 5 min. Após o resfriamento, foi realizada leitura em espectrofotômetro (UV-1601-Shimadzu®) no comprimento de onda de 540 nm.

Para determinação do teor de clorofilas a e b foram retirados 20 discos de 0,785 cm<sup>2</sup> de tecido vegetal do terço médio das folhas, evitando as nervuras centrais, macerado com 10 mL de acetona 80% e centrifugado a 12.000 rpm por 10 min a 4 °C. O sobrenadante foi lido em espectrofotômetro (UV-1601-Shimadzu®) nos comprimentos de onda de 645 e 663 nm. Utilizou-se acetona a 80% como controle. Para expressar a leitura no espectrofotômetro em mg cm<sup>-2</sup> de massa fresca, foram utilizadas as equações de Arnon (1949):

$$\text{Clorofila a} = ((0,0127 \times \text{abs663}) - (0,00269 \times \text{abs645})) \times V \times 10 \times S^{-1}$$

$$\text{Clorofila b} = ((0,0229 \times \text{abs645}) - (0,00468 \times \text{abs663})) \times V \times 10 \times S^{-1}$$

Sendo:

- abs645 = Absorbância a 645 nm;
- abs663 = Absorbância a 663 nm;
- V = Volume final do extrato (mL), 10 mL;
- S = Área total dos discos foliares (cm<sup>2</sup>), 15,7 cm<sup>2</sup>.

Para determinação dos teores de K, P, Ca e Mg, foi pesado 1g de folhas secas por amostra, incinerado em mufla a 500 °C e acrescido HCl a 3 mol L<sup>-1</sup> para digestão ácida (MARTINS; REISSMANN, 2007). Para análise do teor de N foi utilizado o método Dumas, 20 mg de tecido seco de cada amostra foram levados a combustão seca em analisador elementar de nitrogênio LECO FP-528®. Os teores dos nutrientes avaliados foram apurados em espectrofotometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado. O conteúdo de nutrientes nas plantas foi obtido pela multiplicação do teor pela massa seca da planta.

Os dados referentes ao teor e conteúdo de nutrientes foram submetidos à índices de eficiência:

- Foi calculado a quantidade de nutriente absorvido (NAB) para cada 100 g de massa seca da parte aérea (MST) produzida:  $NAB \times (MST \times 100^{-1})^{-1}$ ;
- A quantidade de nutriente aplicado (NAP) para cada 100 g de MST produzida:  $NAP \times (MST \times 100^{-1})^{-1}$ ;
- A razão entre nutriente absorvido e nutriente aplicado:  $NAB \times NAP^{-1}$ ;
- A eficiência de utilização dos nutrientes nas folhas (SIDDIQI; GLASS, 1981):  $MSF^2 \times NAB^{-1}$ .

A análise do teor de 3-O-ram-quercetina (quercitrina) foi realizada de acordo com metodologia desenvolvida por Smolarek (2011), com modificações. O material vegetal seco foi triturado em liquidificador até a obtenção de um pó. Foram alocados 5 g deste material em aparelho Soxhlet (Figura 36), com 200 mL de etanol 70% em ebulição por 1 h. A quantificação da quercitrina foi realizada em cromatografia líquida de alta eficiência, (Merck-Hitachi®), composto de bomba L7100, degaseificador de solventes L7812, injetor automático L-7200, detector DAD L7455, interface L7000, coluna Phenomenex Gemini C-18 250 x 4,6 mm (5µm) a temperatura de 35 °C, diluente metanol 50% + água destilada 48% + ácido fosfórico 2%, solventes Fase A: ácido sulfúrico 0,01M + ácido fosfórico 0,4% em água destilada; Fase B: metanol 95%



+ Fase ácida concentrada 5% (Fase ácida concentrada: ácido sulfúrico 0,05 M + ácido fosfórico 2% em água destilada); Fase C: acetonitrila 90% + Fase ácida concentrada 10% (Fase ácida concentrada: ácido sulfúrico 0,05 M + ácido fosfórico 2% em água destilada). O teor de quercitrina foi determinado a partir de curva padrão desenvolvida com diluições de solução padrão de quercitrina conhecido.

Para determinação do teor e composição do óleo essencial (OE), foi realizada a extração de 100 g de material vegetal fresco de cada amostra, em triplicata, por meio de hidrodestilação com 1 L de água destilada em aparelho Clevenger (WASICKY, 1963) por 4 h. O óleo essencial obtido foi centrifugado por 2 min a 1000 rpm para separação da água. O volume de óleo essencial puro foi quantificado com auxílio de micropipetas de precisão (0-100  $\mu$ L) e o teor corrigido para base seca, pesado em balança analítica.

A determinação da composição química dos OE foi realizada apenas no primeiro ano e somente para quatro tratamentos de cada um dos experimentos de doses de N (0; 1,8; 5,1 e 24,9 g planta<sup>-1</sup>) e K (0; 1,5; 4,2 e 19,9 g planta<sup>-1</sup>) para identificar se as condições de nutrição podem afetar tal variável. Os óleos essenciais foram diluídos em diclorometano 1% e 1,0  $\mu$ L da solução foi injetada (injetor a 250 °C) em cromatógrafo Agilent 6890 (Palo Alto, CA), coluna capilar HP-5MS (5% fenil, 95% dimetilpolissiloxano, 30 m x 0,25 mm x 0,25  $\mu$ m), hélio como gás carreador (1,0 mL min<sup>-1</sup>), temperatura do forno programada de 60 a 240 °C a uma taxa de 3 °C min<sup>-1</sup>, acoplado a detector seletivo de massas Agilent 5973N no modo ionização eletrônica (70 eV), a uma taxa de 3,15 varreduras min<sup>-1</sup> e faixa de massas de 40 a 450 u, linha de transferência a 260 °C, fonte de íons a 230 °C e o analisador a 150 °C. Para a quantificação, as amostras diluídas foram injetadas em cromatógrafo Agilent 7890A com detector de ionização por chama a 280 °C, gás hidrogênio a 1,5 mL min<sup>-1</sup>, coluna e condições analíticas descritas acima. O teor dos compostos foi determinado através da integração eletrônica do sinal do detector de ionização por chama, pela razão entre área do componente e a área total. A identificação dos compostos foi realizada por comparação dos espectros de massas com a espectroteca (ADAMS, 2012; LINSTROM; MALLARD, 2019), pelos índices de retenção linear.

### 5.2.3 Análise dos dados

Os dados foram analisados quanto a homogeneidade de variâncias pelo teste Bartlett, submetidos à análise de variância ANOVA. A comparação de médias foi realizada pelo teste de Scott-Knott a 1 e 5% de probabilidade. Foram calculadas curvas de regressão e apresentadas apenas quando correspondiam com a resposta fisiológica da espécie, caso contrário os dados foram expostos em gráficos de dispersão com barra de erro de dois desvios padrões ( $p < 0,01$ ). Todas as análises foram processadas no programa ASSISTAT® (SANTOS; AZEVEDO, 2016).

## 5.3 RESULTADOS

### 5.3.1 Propagação

A espécie apresentou florescimento concentrado em dois períodos do ano, um no final da primavera e outro no final do outono, nas quatro populações.

Os indivíduos possuíam apenas uma inflorescência em cada ramo, no ápice, com média de  $16 \pm 3,1$  mil sementes e PMS de  $63,5 \pm 3,3$  mg (Tabela 29).

Tabela 29: Germinação, peso de mil sementes (PMS), número de sementes por panícula e rendimento de sementes de *S. chilensis* coletadas em quatro populações.

População	Germinação	PMS	Sementes por panícula	Rendimento
	%	mg	mil sementes	%
São José	39,4 c	53,7 c	17,4 ns	41,0 ns
São Joaquim	59,2 a	70,1 a	14,2 ns	32,8 ns
Campo Largo	52,8 b	66,8 b	15,3 ns	33,7 ns
Pinhais	53,5 b	63,3 b	17,1 ns	36,6 ns
CV (%)	11,93	5,23	19,43	21,38

\*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Scott Knott. ( $p < 0,01$ ).  
ns – não significativo.

A germinação das sementes antes do beneficiamento realizado foi reduzida, cerca de 8,4% devido à alta quantidade de sementes chochas e mal formadas em todas as populações. As sementes apresentam papus, o que dificulta o beneficiamento e seleção. Após o beneficiamento a média de germinação ultrapassou 50% para sementes de três populações. A germinação é epígea.

As sementes germinaram apenas em temperaturas acima de 15 °C (Figura 38). O ponto de inflexão da curva foi a 24,5 °C.

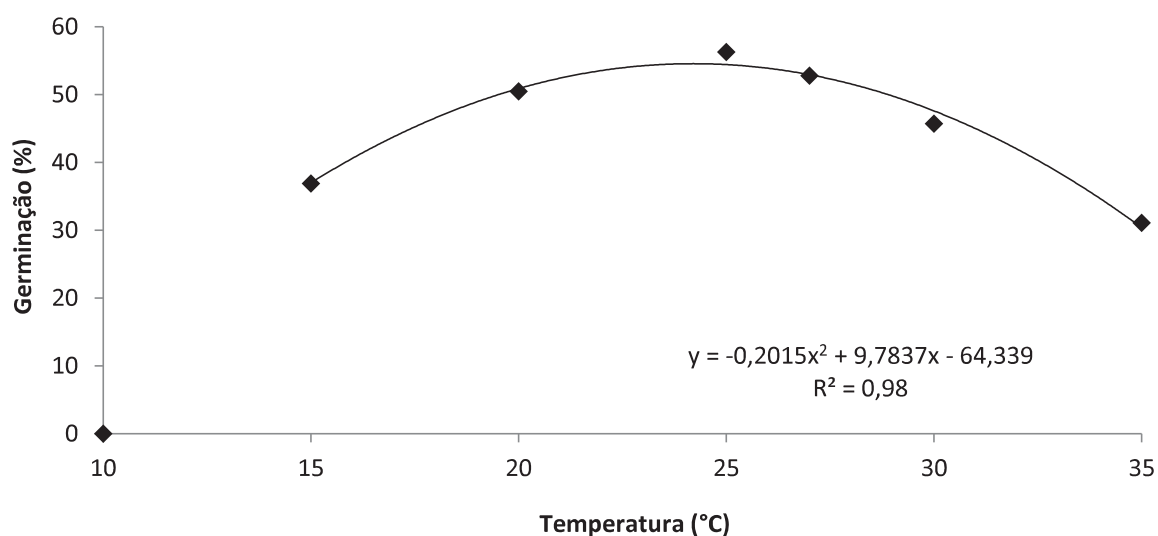


Figura 38: *Solidago chilensis* Meyen - germinação de sementes em distintas temperaturas. ( $p < 0,01$ ). CV: 9,03%.

O TMG foi decrescente com o aumento da temperatura, com ponto de inflexão da curva a 31,6 °C (Figura 39).

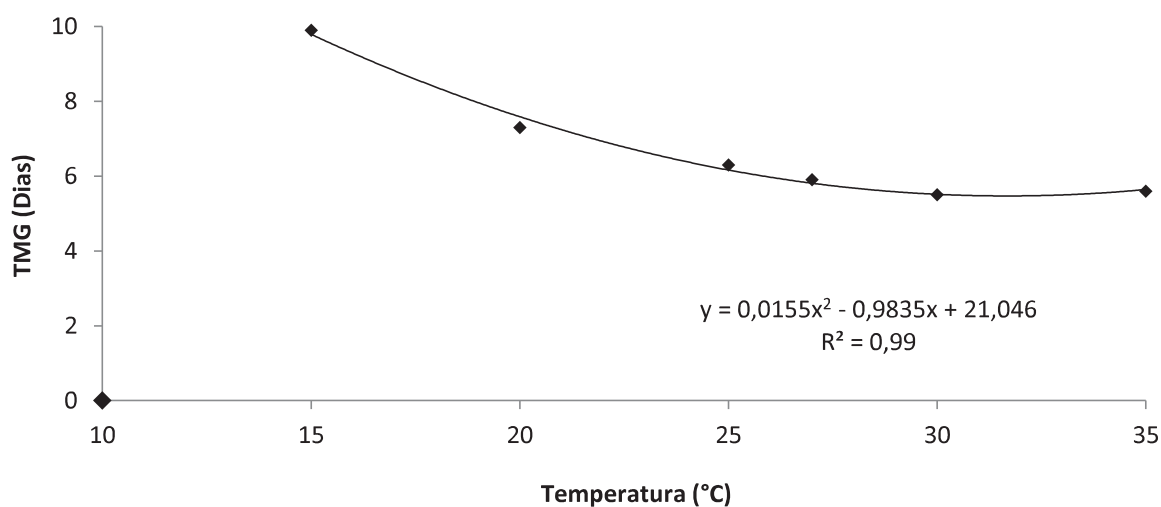


Figura 39: *Solidago chilensis* Meyen - tempo médio para germinação de sementes em distintas temperaturas. ( $p < 0,05$ ). CV: 11,34%.

As temperaturas mais elevadas proporcionaram maior velocidade de germinação, iniciando em 48h a 30 e 35 °C ao passo que na temperatura de 15 °C a germinação iniciou apenas com 120 h (Figura 40). A porcentagem de germinação foi superior a 50% em temperaturas medianas como 25 e 27 °C, embora as sementes precisem estar por pelo menos 72 h nesta condição para início da germinação.

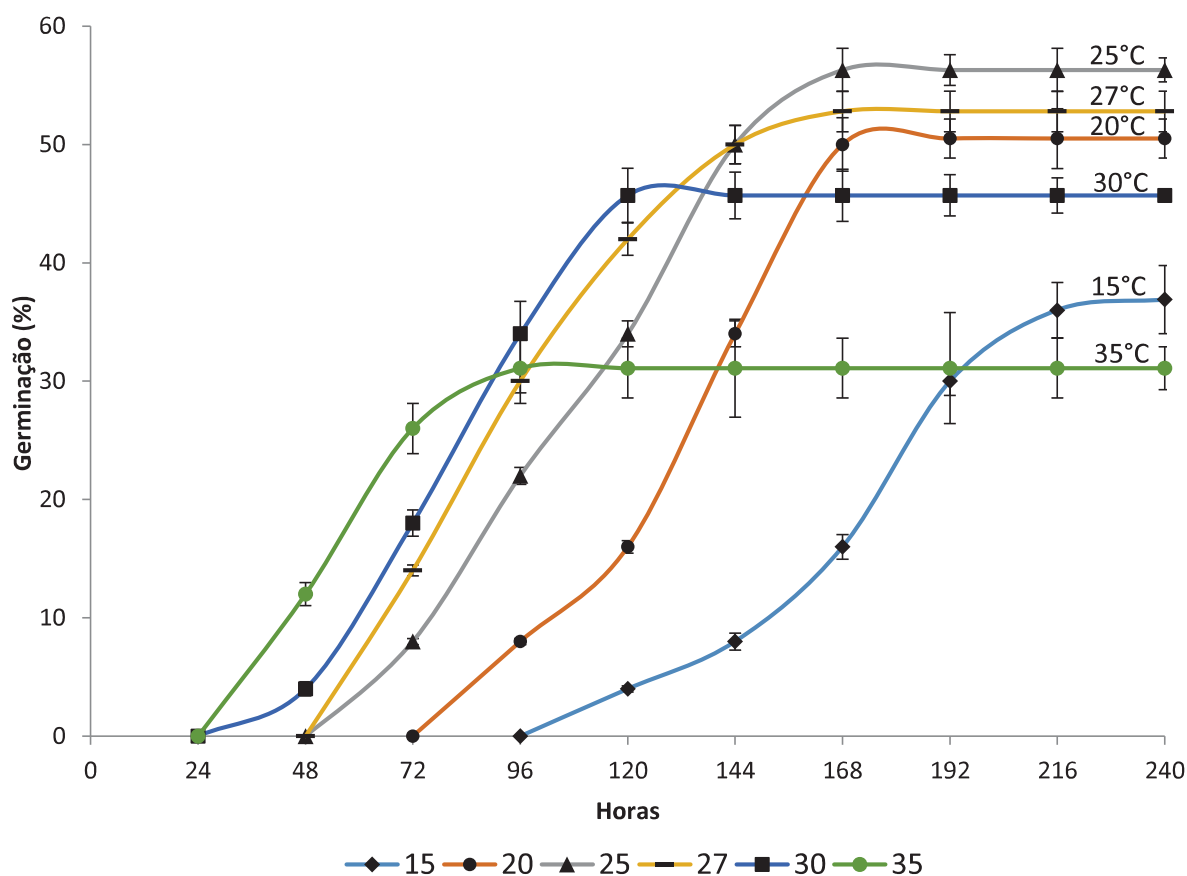


Figura 40: *Solidago chilensis* Meyen - germinação diária acumulada de sementes sob 20, 25, 27, 30 e 35 °C. ( $p < 0,01$ ). CV: 9,81%.

A entropia reduziu até o ponto de inflexão da curva, 29,7 °C, ponto de maior uniformidade da germinação (Figura 41).

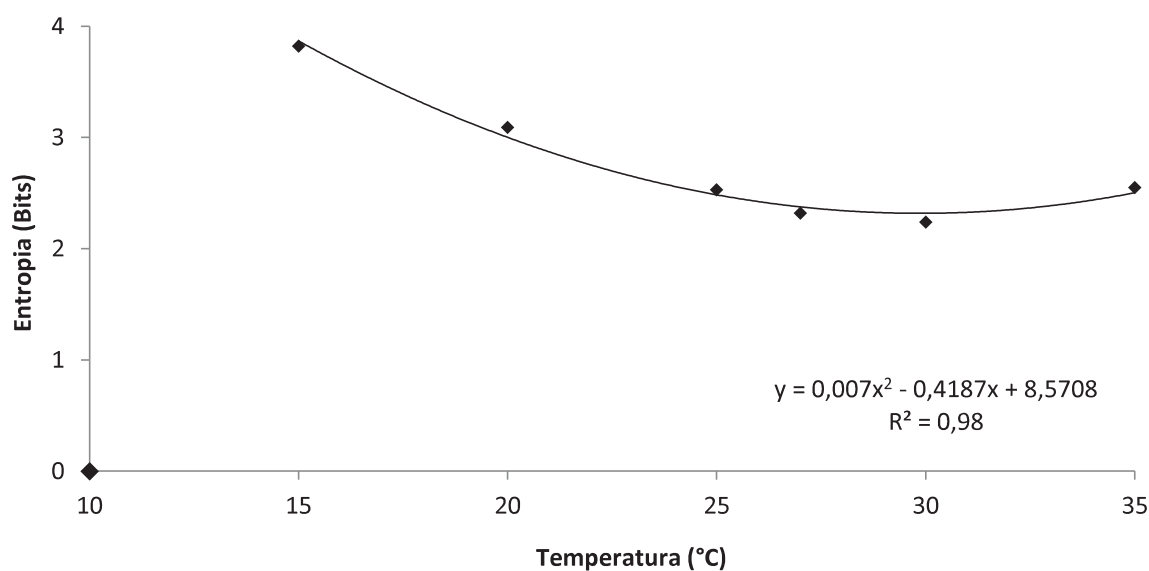


Figura 41: *Solidago chilensis* Meyen - entropia na germinação de sementes em distintas temperaturas. ( $p < 0,05$ ). CV: 11,21%.

### 5.3.2 Nutrição

#### 5.3.2.1 *Adubação nitrogenada*

A adubação nitrogenada influenciou significativamente as variáveis analisadas. A altura das plantas aumentou com as doses de N até 3 g planta<sup>-1</sup> no primeiro ano e 1,8 g planta<sup>-1</sup> no segundo ano (Figura 42). A altura foi maior no segundo ano para a maioria das doses. O aumento da altura elevou o percentual de acamamento, com correlação de 0,97 no primeiro ano e 0,7 no segundo.

A MSF aumentou até 5,1 g planta<sup>-1</sup>, nos dois anos avaliados, mantendo-se nas demais doses. Houve elevação do IAF até 5,1 g planta<sup>-1</sup> nos dois anos avaliados. Já a AFE aumentou até a dose de 8,6 g planta<sup>-1</sup>.

Quanto aos caracteres bioquímicos, o fornecimento de nitrogênio resultou em aumento dos teores de proteína, açúcares solúveis totais, açúcares redutores e clorofila A e B, enquanto a relação entre clorofila A B<sup>-1</sup> reduziu em relação à testemunha (Figura 43).

Houve grande variação nos teores de quercitrina com as doses de nutrientes. Os valores encontrados foram similares aos encontrados por Souza et al. (2018) nas folhas e partes aéreas em populações naturais da espécie (14,8 e 58,1 mg g<sup>-1</sup>).

Os teores de quercitrina nas folhas reduziram com o aumento das doses de N nos dois anos avaliados, todavia, o conteúdo de quercitrina elevou até a dose de 5,1 g planta<sup>-1</sup>. Já o teor de quercitrina no caule não variou significativamente, com média de 5,3±1,3 mg g<sup>-1</sup> (Figura 44).

Teor e conteúdo de óleo essencial aumentaram com as doses de N até 5,1 g planta<sup>-1</sup>, mantendo-se após (Figura 45). A composição dos óleos essenciais variou, com a elevação de alguns compostos como Germacreno D e redução de outros como  $\alpha$ -felandreno (Tabela 30).

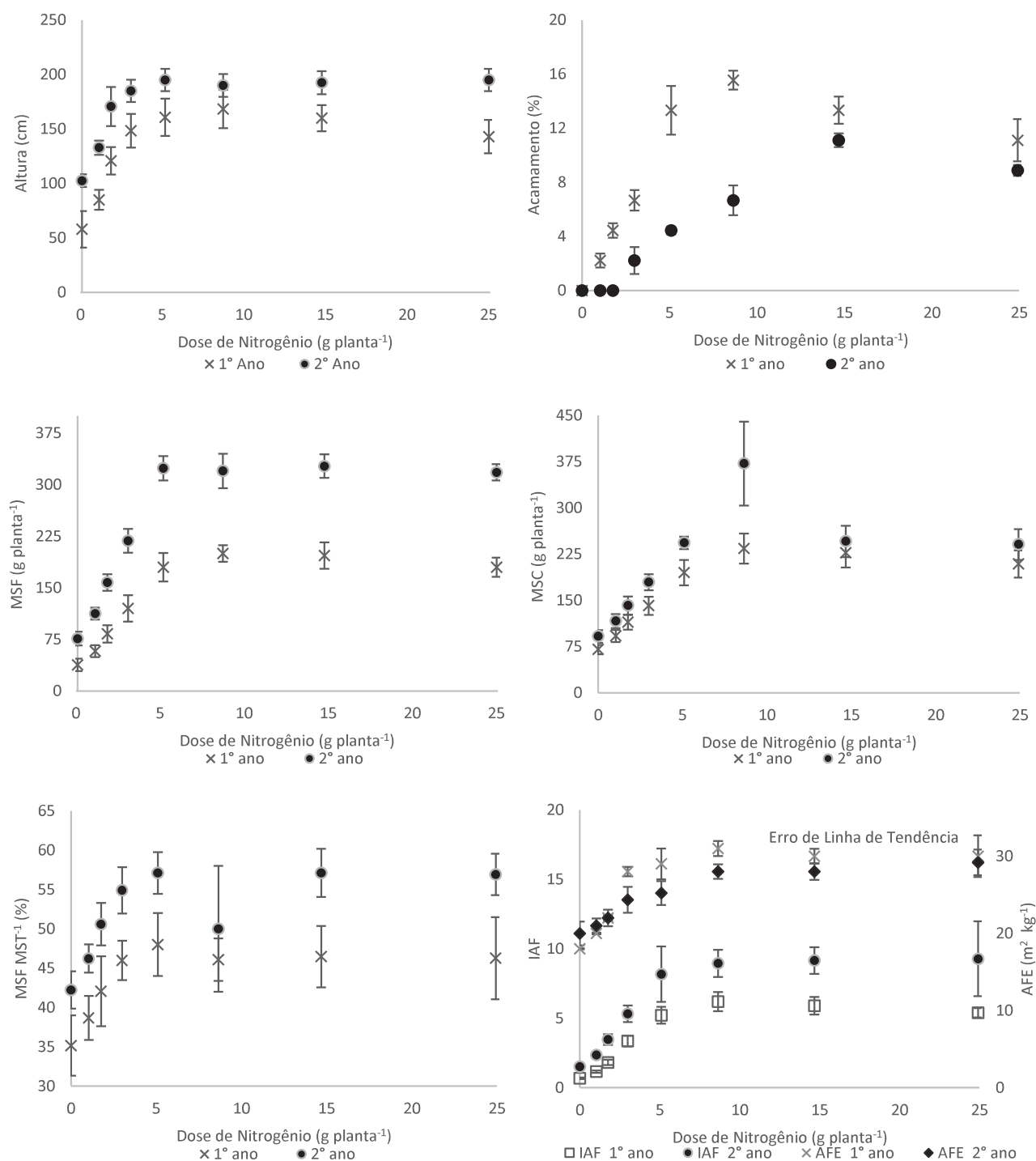


Figura 42: *Solidago chilensis* Meyen - altura, acamamento, massa seca de folhas, massa seca de caule, relação massa seca de folhas por massa seca total, índice de área foliar e área foliar específica sob doses de nitrogênio.

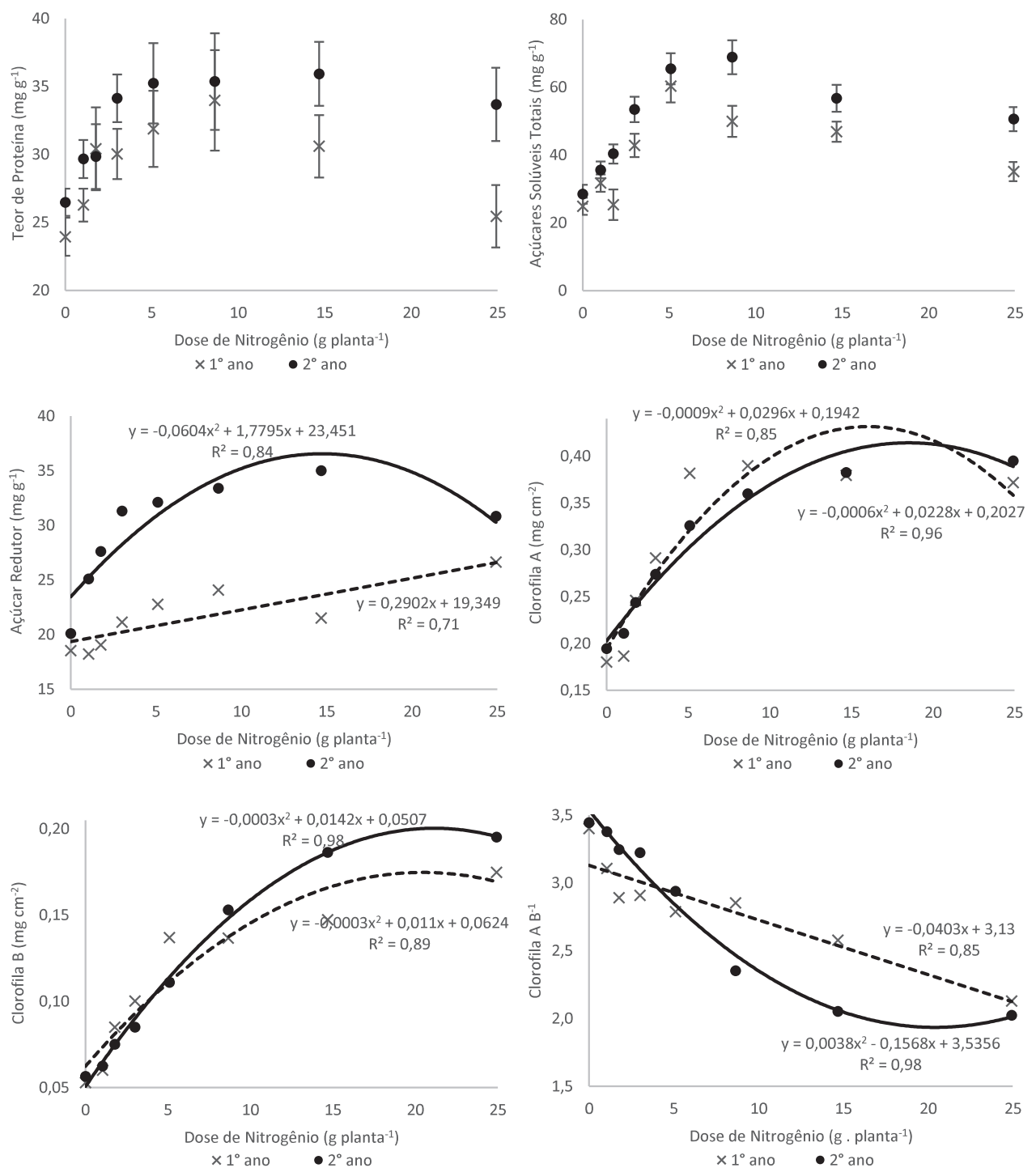


Figura 43: *Solidago chilensis* Meyen - teores de proteína, açúcares solúveis totais, açúcares redutores, clorofila A, clorofila B e relação entre clorofila A e B sob doses de nitrogênio.



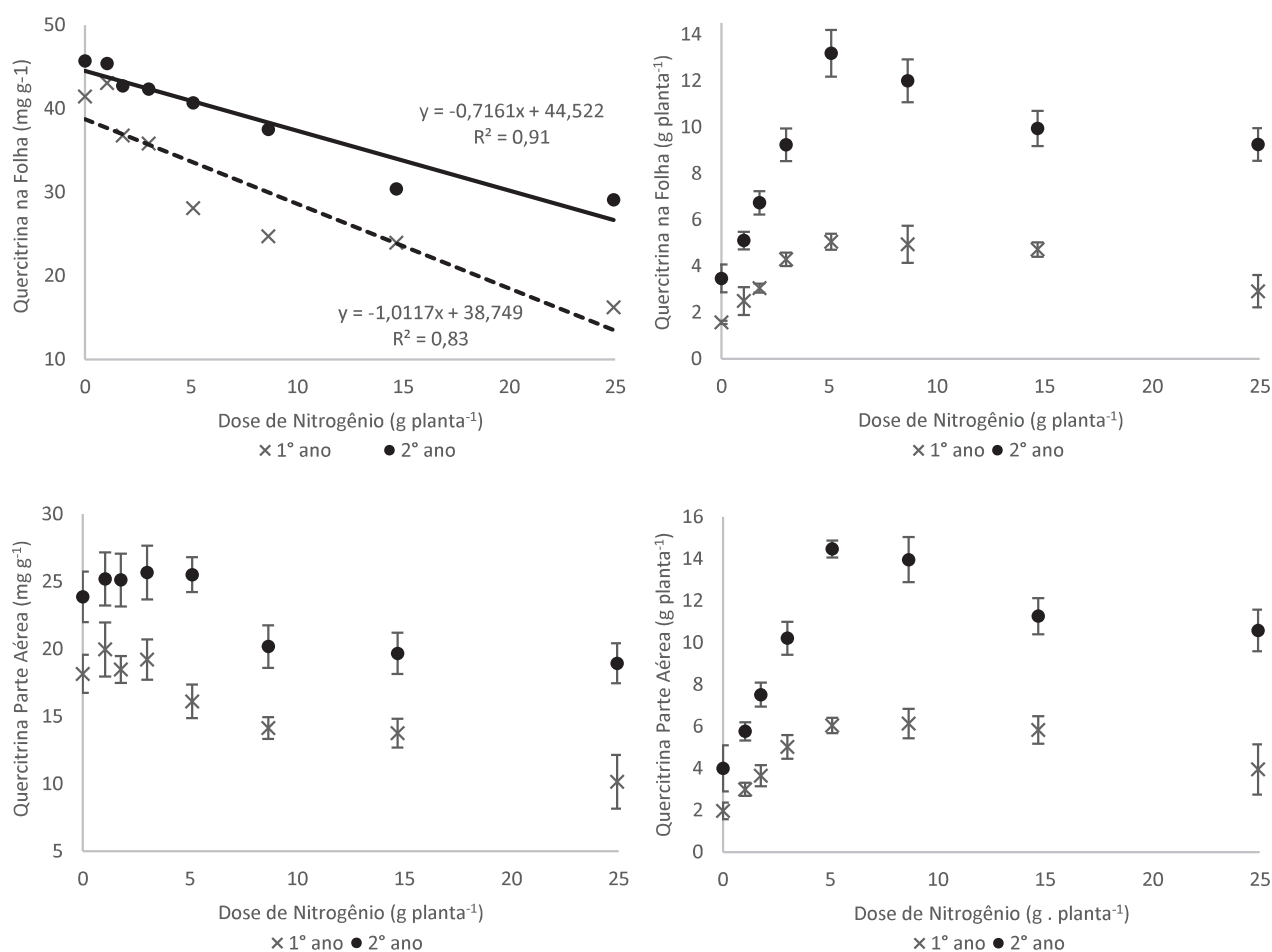


Figura 44: *Solidago chilensis* Meyen - teores e conteúdo de quercitrina na parte folha e parte aérea sob doses de nitrogênio.

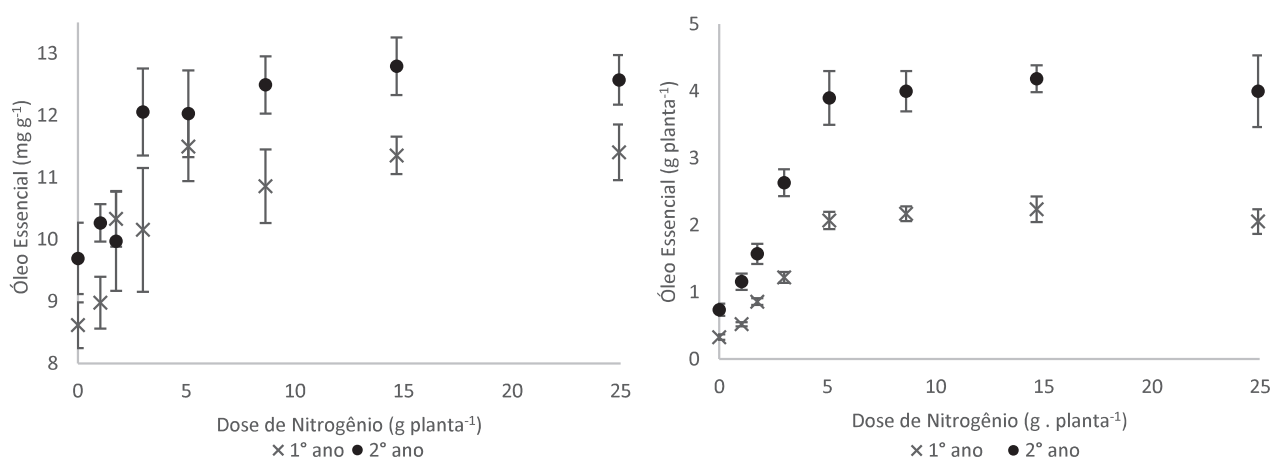


Figura 45: *Solidago chilensis* Meyen - teor e conteúdo de óleo essencial sob doses de nitrogênio.

Tabela 30: *Solidago chilensis* Meyen - composição do óleo essencial sob doses de nitrogênio.

Composto	Dose de Nitrogênio (g planta <sup>-1</sup> )				CV (%)
	0	1,8	5,1	24,9	
Germacreno D	37,92 c	41,22 b	45,94 a	48,60 a	7,3
Biciclogermacreno	20,19 ns	18,79 ns	18,52 ns	19,46 ns	15,9
(E)-cariofileno	8,63 ns	7,16 ns	7,66 ns	7,42 ns	22,9
Limoneno	2,33 ns	0,80 ns	1,36 ns	0,44 ns	8,1
Globulol	2,02 ns	2,21 ns	1,35 ns	2,09 ns	12,3
(E)- $\beta$ -ocimeno	1,81 ns	0,70 ns	1,13 ns	0,63 ns	25,8
$\alpha$ -pineno	1,62 ns	0,62 ns	1,13 ns	0,18 ns	35,4
$\alpha$ -cadinol	1,42 ns	1,43 ns	0,74 ns	1,01 ns	11,2
$\alpha$ -felandreno	1,38 a	0,53 b	0,51 b	0,36 c	5,8
$\beta$ -elemeno	1,33 ns	1,75 ns	1,39 ns	1,52 ns	9,3
Espatuleno	1,26 ns	3,02 ns	2,01 ns	2,06 ns	18,2
$\delta$ -cadineno	1,16 a	0,98 b	0,96 b	0,81 c	9,4
$\alpha$ -humuleno	1,12 ns	1,16 ns	1,07 ns	1,05 ns	15,1
Oxido de cariofileno	1,09 ns	1,11 ns	1,05 ns	0,97 ns	18,2
$\beta$ -bourboneno	0,93 ns	2,59 ns	2,55 ns	1,89 ns	13,5
Epi- $\alpha$ -cadinol	0,91 a	0,71 b	0,44 c	0,52 c	8,5
$\delta$ -elemeno	0,88 ns	0,00 ns	0,96 ns	0,91 ns	53,8
$\alpha$ -muurolol	0,73 ns	0,00 ns	0,30 ns	0,25 ns	43,9
Acetato de isobornila	0,51 ns	0,44 ns	0,51 ns	0,50 ns	10,3
(Z)- $\alpha$ -bisaboleno	0,46 ns	0,65 ns	0,57 ns	0,64 ns	12,4
$\beta$ -atlantol	0,43 ns	0,21 ns	0,30 ns	0,26 ns	18,3
$\gamma$ -cadineno	0,35 ns	0,36 ns	0,32 ns	0,29 ns	18,7
Sabineno	0,33 a	0,18 b	0,00 c	0,00 c	6,2
$\beta$ -copaeno	0,28 ns	0,46 ns	0,46 ns	0,38 ns	31,1
$\alpha$ -muuroleno	0,25 ns	0,26 ns	0,24 ns	0,21 ns	8,2
Cis-muurola-3,5-dieno	0,20 b	0,39 a	0,45 a	0,35 a	7,4
$\delta$ -amorfenol	0,00 ns	0,00 ns	0,17 ns	0,16 ns	52,6

\*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Scott Knott (p<0,05). ns – não significativo.

Os teores de N nas folhas e caules aumentaram com as doses de N, assim como o conteúdo de N na parte aérea da planta (Figura 46).

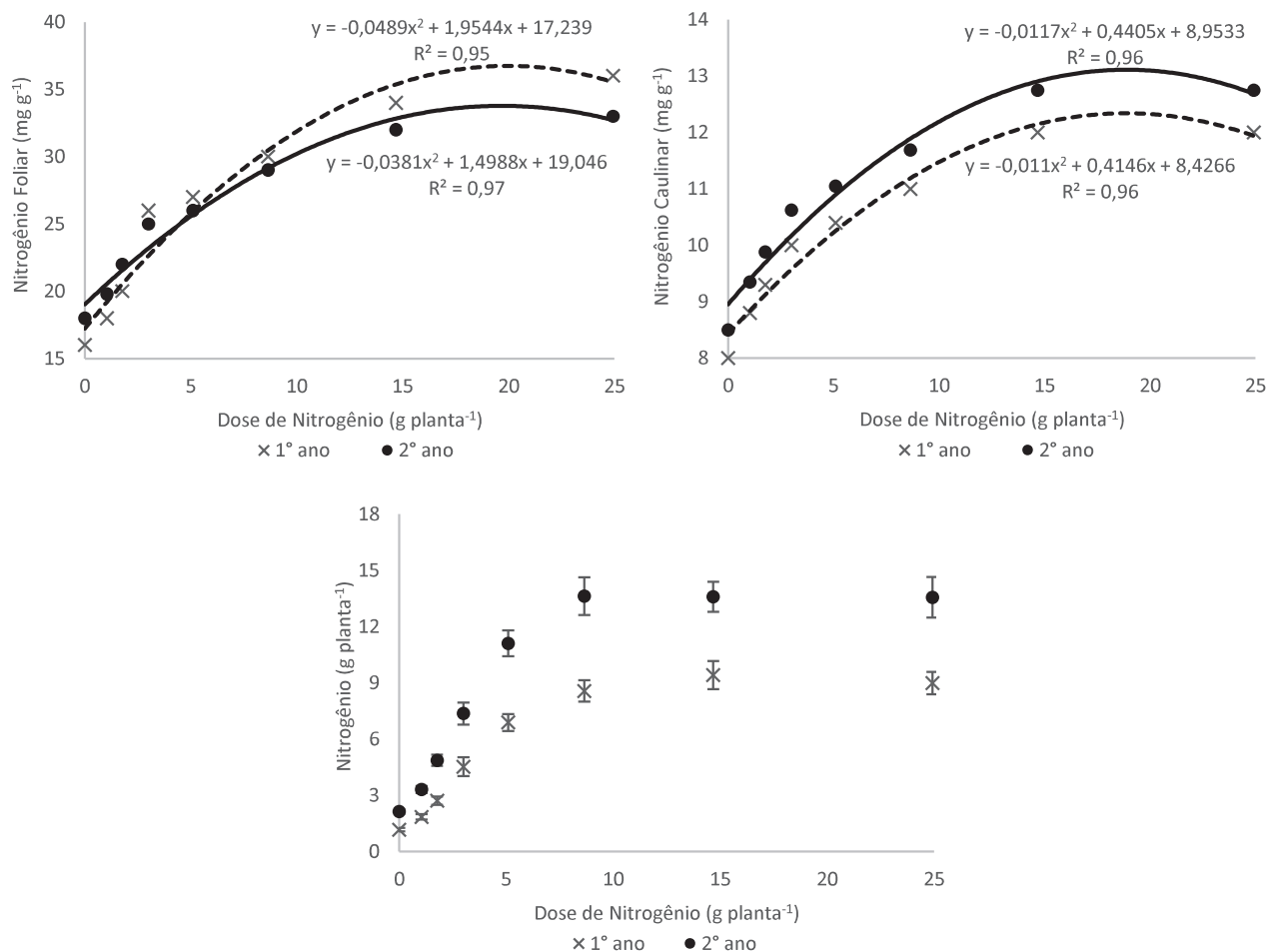


Figura 46: *Solidago chilensis* Meyen - teores de nitrogênio foliar e caulinar e conteúdo de nitrogênio na parte aérea sob doses de nitrogênio.

A eficiência de utilização dos nutrientes nas folhas conforme Siddiqi e Glass (1981) aumentou até a dose de 8,6 g planta<sup>-1</sup> de N (Figura 47). Entretanto, a quantidade de N aplicado e absorvido necessários para produção de 100 g de MSF aumentou com as doses de N. Já a relação entre N absorvido e N aplicado reduziu com o aumento das doses.

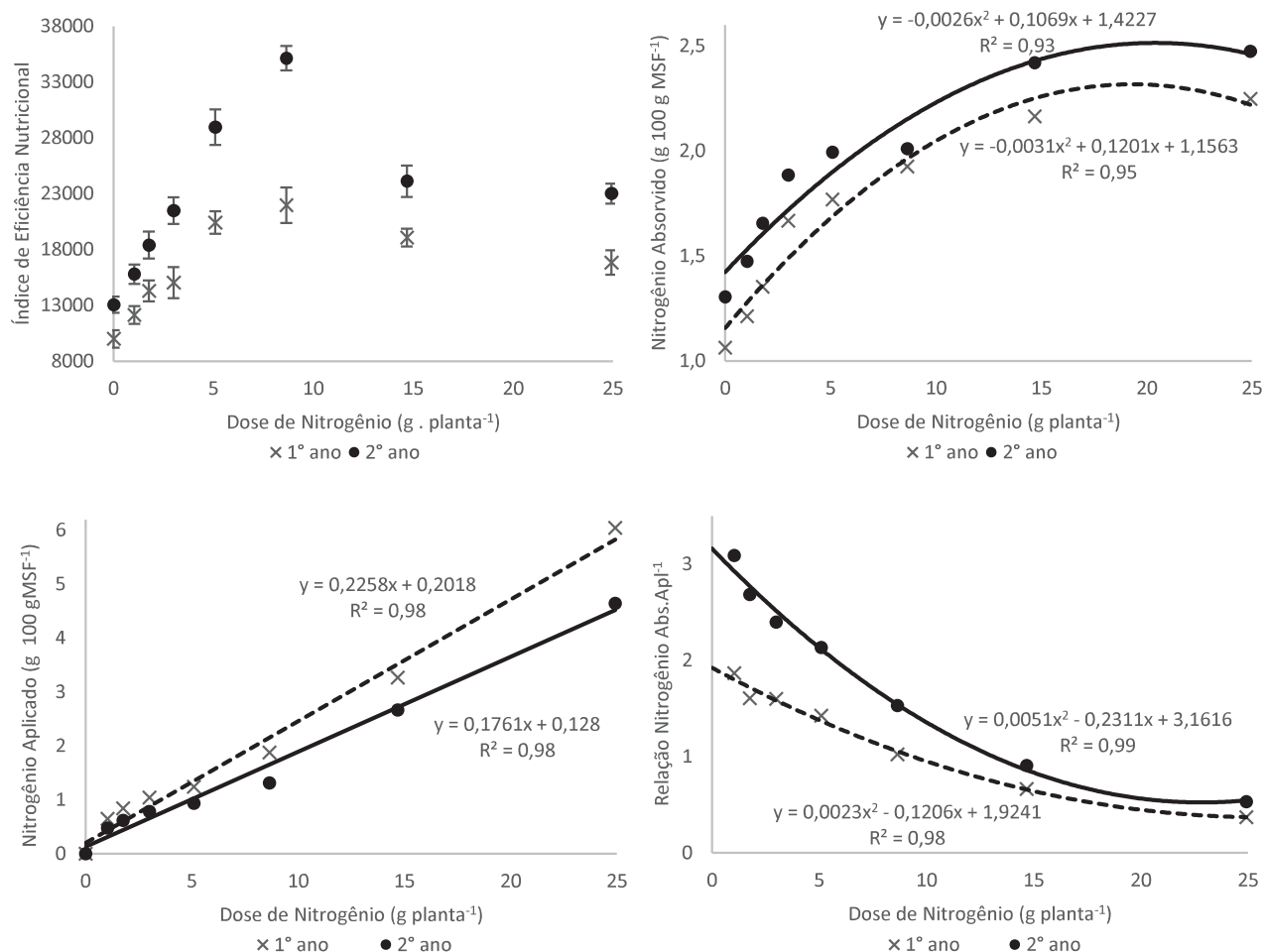


Figura 47: *Solidago chilensis* Meyen - índice de eficiência de utilização dos nutrientes nas folhas, quantidade de nitrogênio absorvido e aplicado para cada 100 g de massa seca de folhas e relação entre nitrogênio absorvido e aplicado sob doses de nitrogênio.

### 5.3.2.2 Adubação potássica

O fornecimento de potássio também resultou em aumento da altura das plantas, todavia com redução na maior dose (Figura 48). O acamamento apresentou resultado similar à altura no primeiro ano e no ano seguinte os dados não diferiram significativamente. A MSF aumentou até a dose de 1,5 g planta<sup>-1</sup> com posterior queda nas dosagens mais elevadas.

Os teores de proteína, açúcares solúveis totais e açúcares redutores elevaram com o aumento das doses de K e reduziram nas maiores doses (Figura 49). Os teores de clorofila A e B tiveram tendência de aumento com as doses de K. Já a relação clorofila A.B<sup>-1</sup> reduziu nos dois anos avaliados.

Os teores de quercitrina apresentaram queda com as doses de K (Figura 50), todavia redução menor do que ocorreu com as doses de N. O conteúdo de quercitrina elevou-se até a dose de 3,5 g planta<sup>-1</sup> no primeiro ano e 1,49 g planta<sup>-1</sup> no segundo ano com posterior queda.

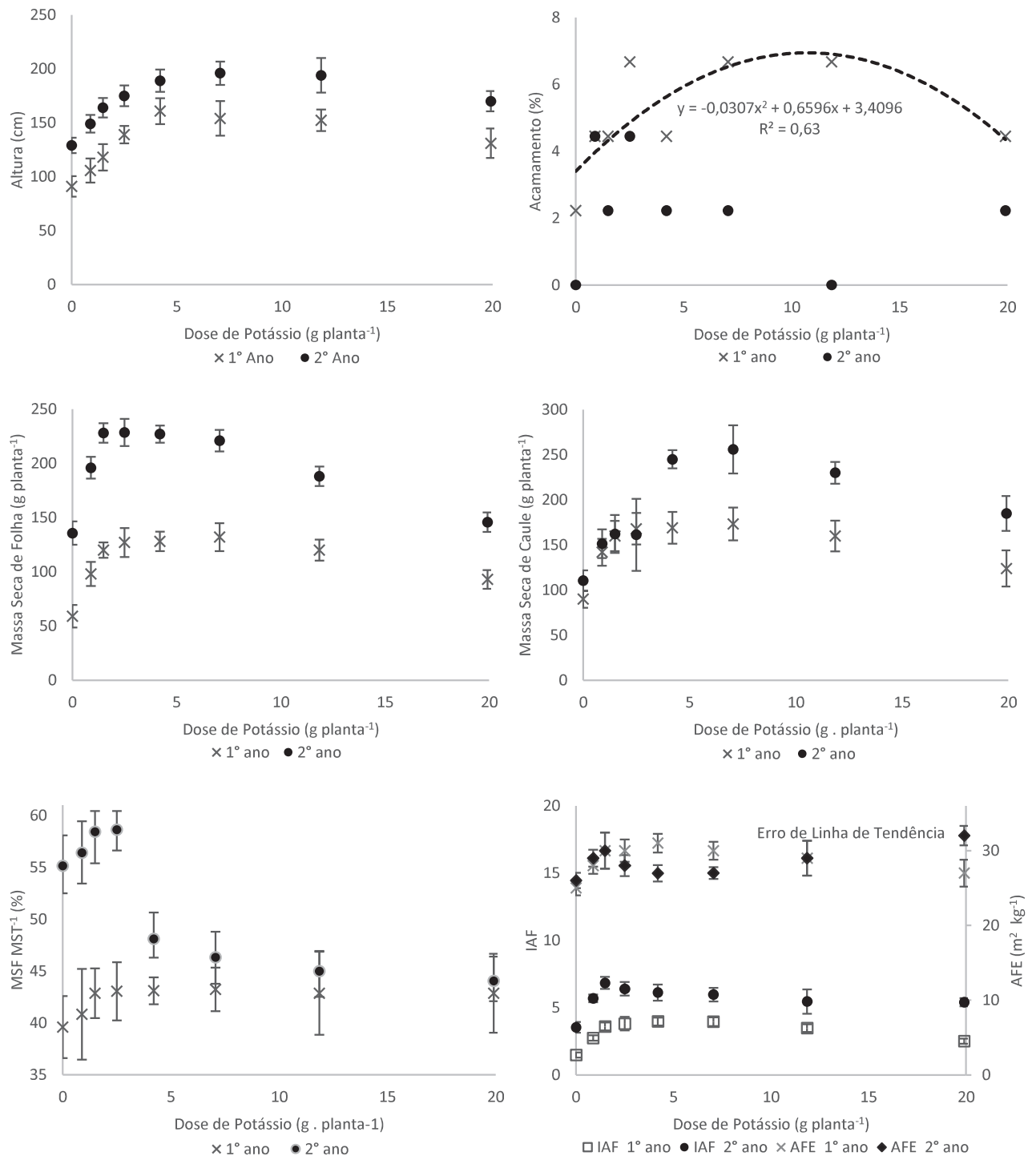


Figura 48: *Solidago chilensis* Meyen - altura, acamamento, massa seca de folhas, massa seca de caule, relação massa seca de folhas por massa seca total, índice de área foliar e área foliar específica sob doses de potássio.

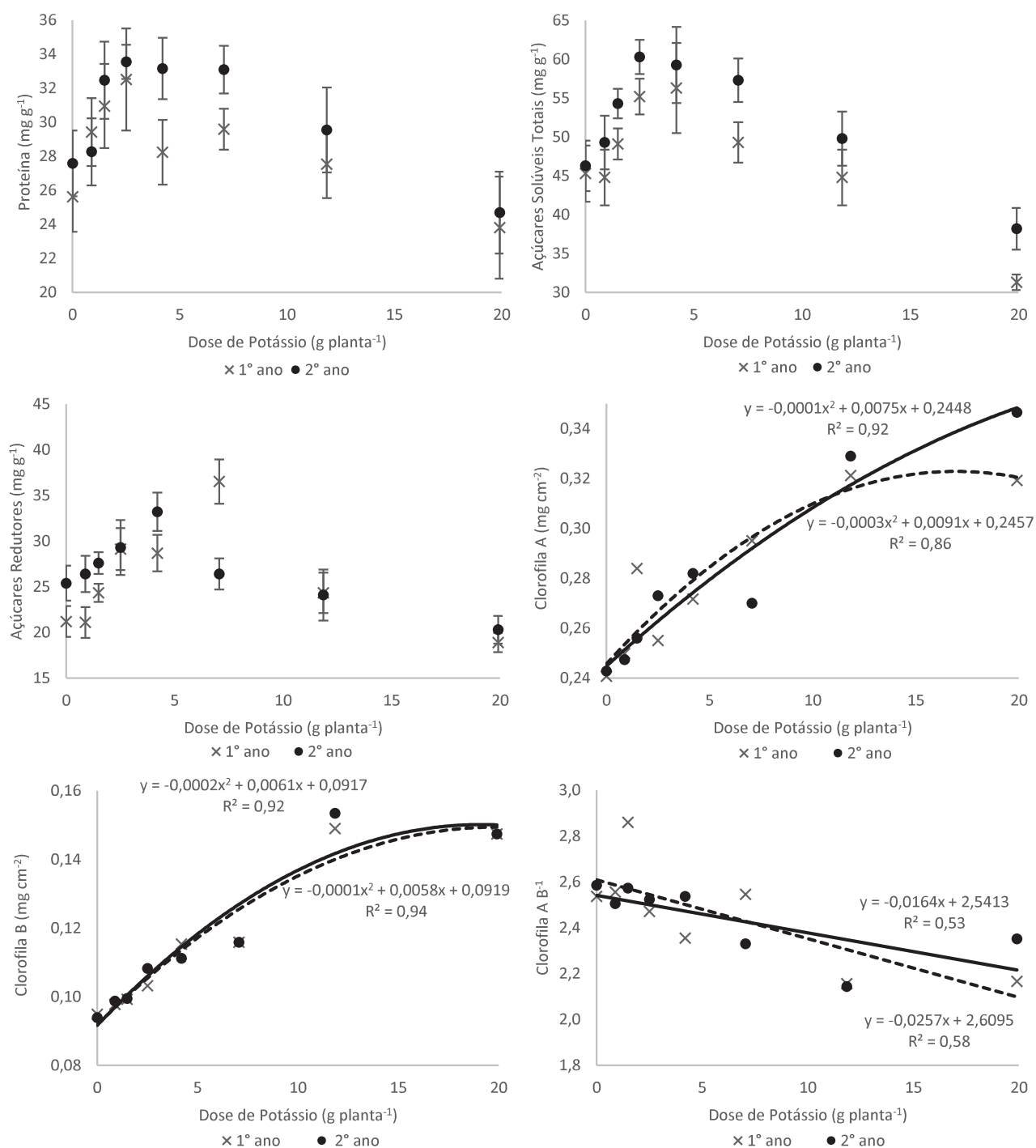


Figura 49: *Solidago chilensis* Meyen - teores de proteína, açúcares solúveis totais e redutores, clorofila A, clorofila B e relação entre clorofila A e B sob doses de potássio.

O teor e conteúdo de quercitrina na parte aérea apresentou comportamento similar ao observado apenas nas folhas.

O teor de OE elevou nos dois anos, com comportamento linear no primeiro ano e quadrático no segundo (Figura 51). Já o conteúdo de OE elevou até a dose de 4,2 g planta<sup>-1</sup>, com posterior queda influenciada pela queda da MSF.

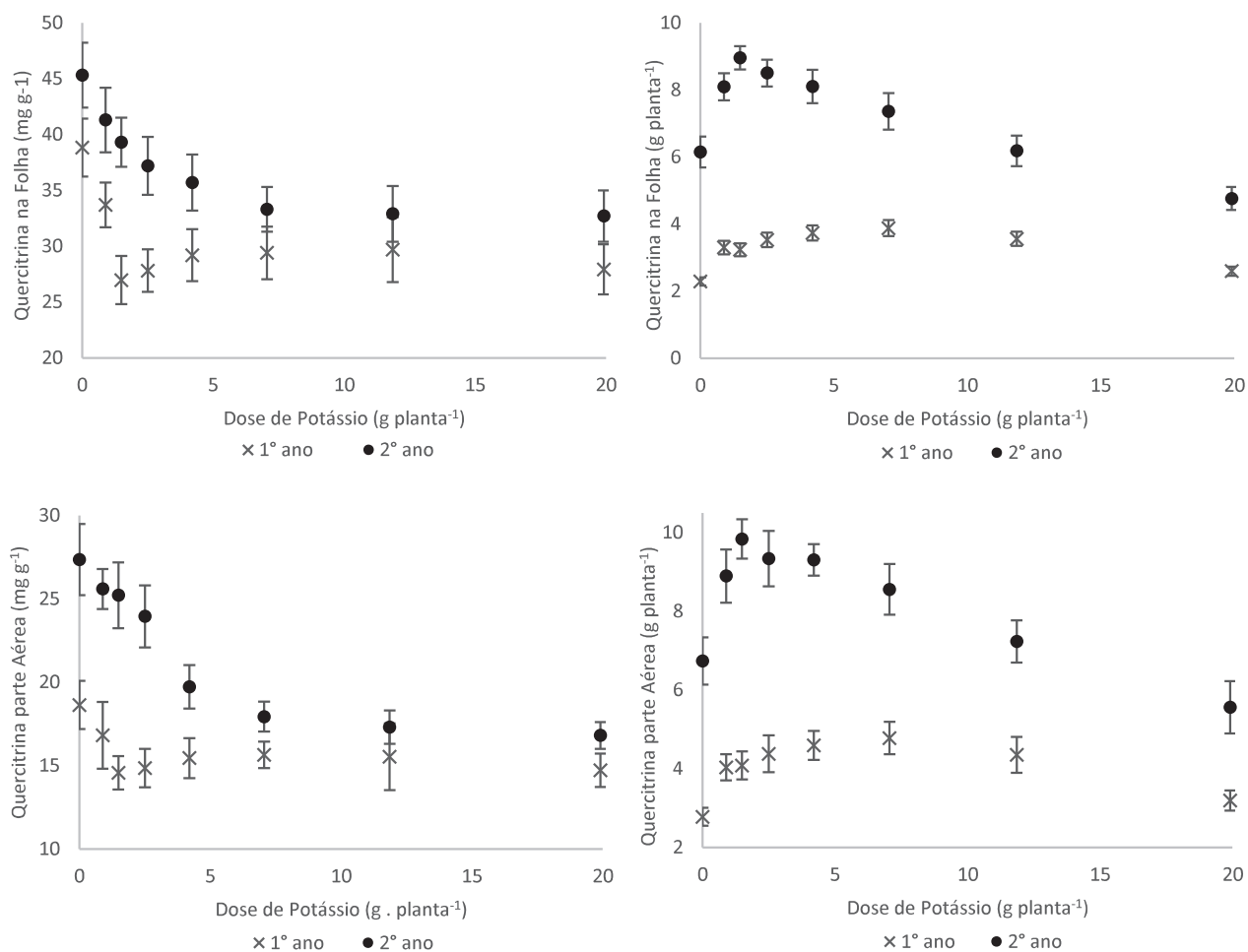


Figura 50: *Solidago chilensis* Meyen - teores e conteúdo de quercitrina na parte folha e parte aérea em sob doses de potássio.

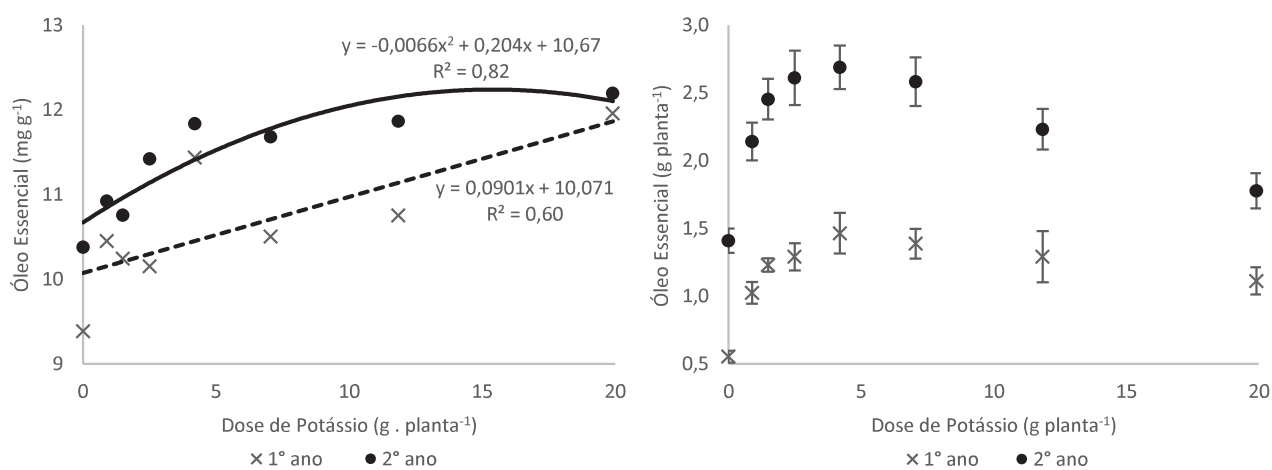


Figura 51: *Solidago chilensis* Meyen - teor e conteúdo de óleo essencial sob doses de potássio.



A adubação potássica influenciou a composição química do OE, com redução de compostos como germacreno D-4-ol e (Z)- $\alpha$ -bisaboleno, elevação de compostos como globulol e elevação e posterior redução de compostos como biciclogermacreno e (E)-cariofileno (Tabela 31).

Tabela 31: *Solidago chilensis* Meyen - Composição do óleo essencial sob doses de potássio.

Composto	Dose de Potássio (g planta <sup>-1</sup> )				CV (%)
	0	1,5	4,2	19,9	
Germacreno D-4-ol	44,13 a	41,78 b	41,93 b	41,26 b	6,2
Germacreno D	17,93 ns	18,66 ns	20,07 ns	18,58 ns	14,5
Biciclogermacreno	7,57 b	8,79 a	9,24 a	5,67 c	8,9
Globulol	2,86 b	3,01 b	2,13 b	7,51 a	19,5
$\alpha$ -humuleno	2,75 ns	2,88 ns	2,39 ns	2,85 ns	14,3
(Z)- $\alpha$ -bisaboleno	2,03 a	2,12 a	1,62 b	1,74 b	9,9
Oxido de cariofileno	1,44 ns	1,37 ns	1,42 ns	1,39 ns	26,6
$\beta$ -elemeno	1,31 ns	0,92 ns	1,08 ns	0,99 ns	25,3
Epi- $\alpha$ -cadinol	1,21 ns	1,38 ns	1,19 ns	0,97 ns	18,5
$\delta$ -elemeno	1,10 ns	1,18 ns	1,16 ns	0,96 ns	16,7
$\delta$ -cadineno	0,92 a	0,78 b	0,78 b	0,66 c	10,9
Limoneno	0,75 ns	0,87 ns	0,81 ns	0,81 ns	31,0
Acetato de isobornila	0,69 ns	0,60 ns	0,60 ns	0,47 ns	19,8
Cis-muuroala-3,5-dieno	0,65 ns	0,62 ns	0,66 ns	0,70 ns	32,5
$\alpha$ -muurolol	0,59 ns	0,34 ns	0,33 ns	0,74 ns	37,5
(E)-cariofileno	0,52 d	1,15 b	1,71 a	0,77 c	7,9
Espatulanol	0,45 ns	0,78 ns	1,27 ns	0,94 ns	17,4
(E)- $\beta$ -ocimeno	0,42 ns	0,42 ns	0,58 ns	0,18 ns	25,7
$\alpha$ -felandreno	0,42 a	0,43 a	0,30 b	0,33 b	7,4
$\alpha$ -pineno	0,40 ns	0,40 ns	0,32 ns	0,35 ns	31,1
$\gamma$ -cadineno	0,31 ns	0,28 ns	0,26 ns	0,28 ns	18,7
$\beta$ -copaeno	0,30 ns	0,21 ns	0,43 ns	0,24 ns	18,3
$\beta$ -bourboneno	0,26 ns	0,45 ns	0,89 ns	1,04 ns	18,8
$\alpha$ -muuroleno	0,23 a	0,19 b	0,19 b	0,17 c	8,2
$\alpha$ -cadinol	0,17 c	0,42 b	0,62 a	0,58 a	20,1
$\beta$ -atlantol	0,11 d	0,16 c	0,25 b	0,32 a	6,2
$\delta$ -amorfeno	0,10 ns	0,13 ns	0,13 ns	0,10 ns	52,6

\*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Scott Knott. (p<0,01). ns – não significativo.

Os teores de K nas folhas e caules aumentaram de forma linear com a elevação das doses (Figura 52). O conteúdo de K nas plantas também elevou, com comportamento quadrático.

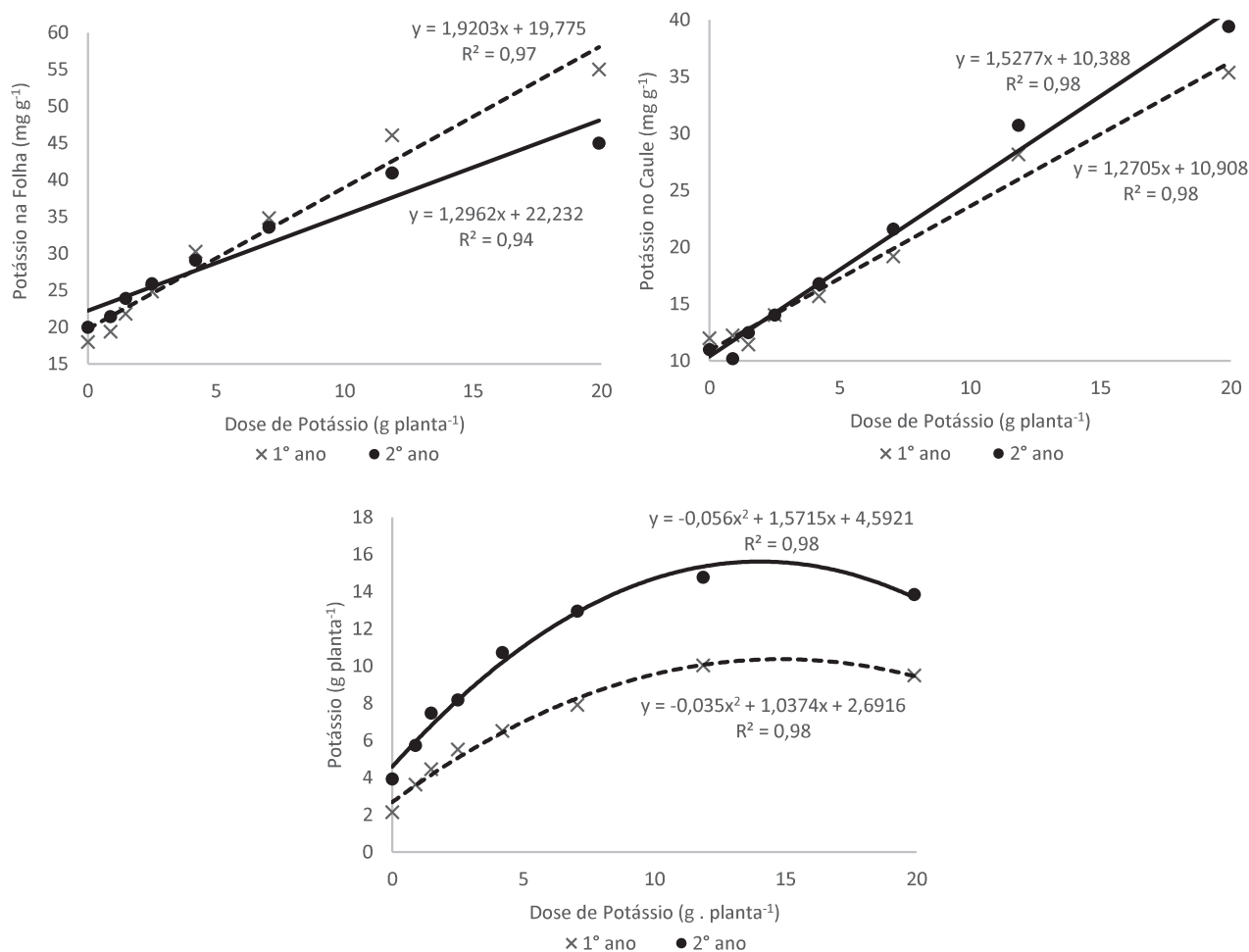


Figura 52: *Solidago chilensis* Meyen - teores de potássio foliar e caulinar e conteúdo de potássio na parte aérea sob doses de potássio.

O índice de Siddiqi e Glass (1981) de eficiência de utilização dos nutrientes nas folhas apresentou queda linear nos dois anos avaliados (Figura 53), enquanto a necessidade de K aplicado e absorvido necessários para produção de 100 g de MSF aumentou linearmente. A relação entre K absorvido e K aplicado reduziu drasticamente, sendo 10 vezes menor na maior dosagem em relação a menor no segundo ano.

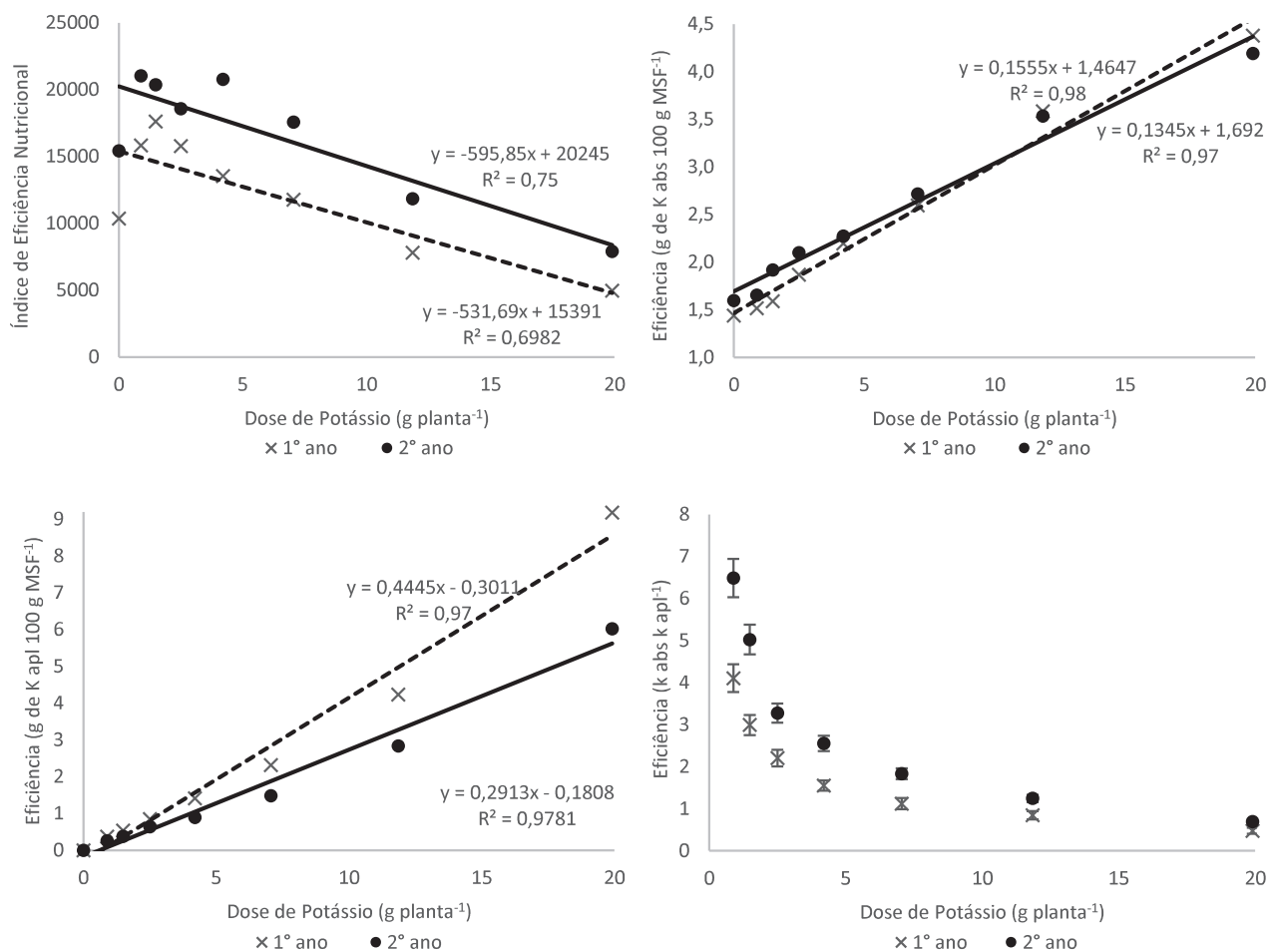


Figura 53: *Solidago chilensis* Meyen - índice de eficiência de utilização dos nutrientes nas folhas, quantidade de nitrogênio absorvido e aplicado para cada 100 g de massa seca de folhas e relação entre nitrogênio absorvido e aplicado sob doses de potássio.

### 5.3.2.3 Adubação Fosfatada

O fornecimento de fósforo resultou em elevação da altura das plantas até a dose de 0,59 g planta<sup>-1</sup> no primeiro ano e 1 g planta<sup>-1</sup> no segundo ano (Figura 54). A MSF também elevou até 1 g planta<sup>-1</sup> nos dois anos avaliados. Já o IAF aumentou até 1,7 g planta<sup>-1</sup>.

O teor de proteína apresentou elevação com as doses de P enquanto o teor de açúcares solúveis totais apresentou elevação e posterior redução na dose de 8,3 g planta<sup>-1</sup> (Figura 55). Os teores de clorofila A e B aumentaram enquanto a relação entre clorofila A e B reduziu.

Diferentemente das respostas às adubações nitrogenada e potássica, a adubação fosfatada resultou em incremento do teor de quercitrina nas folhas e parte aérea, além do aumento dos conteúdos, formando respostas quadráticas (Figura 56).

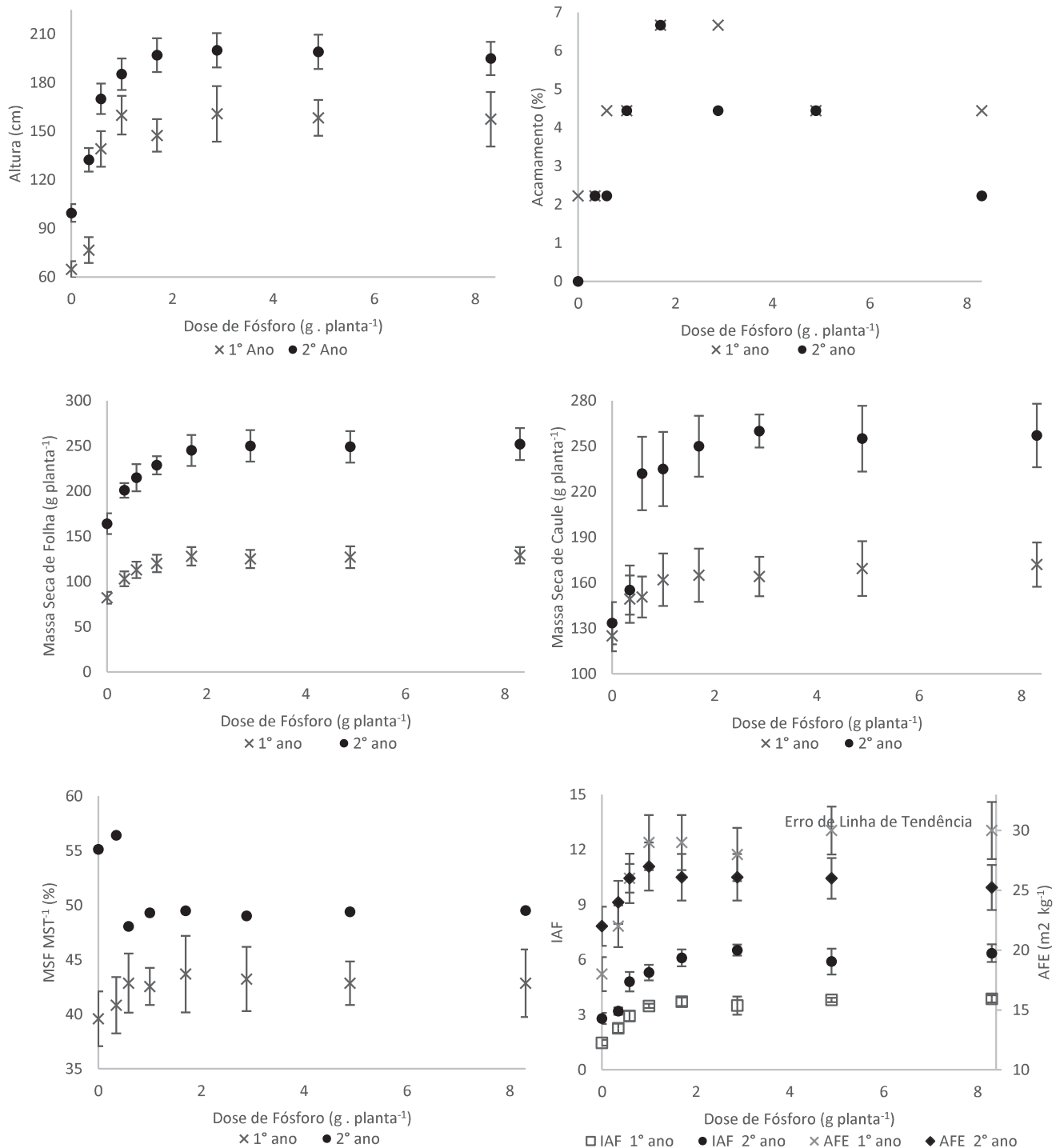


Figura 54: *Solidago chilensis* Meyen - altura, acamamento, massa seca de folhas, massa seca de caule, relação massa seca de folhas por massa seca total, índice de área foliar e área foliar específica sob doses de fósforo.

O teor e conteúdo de OE aumentou nas folhas da espécie com o aumento das doses de fósforo (Figura 57).

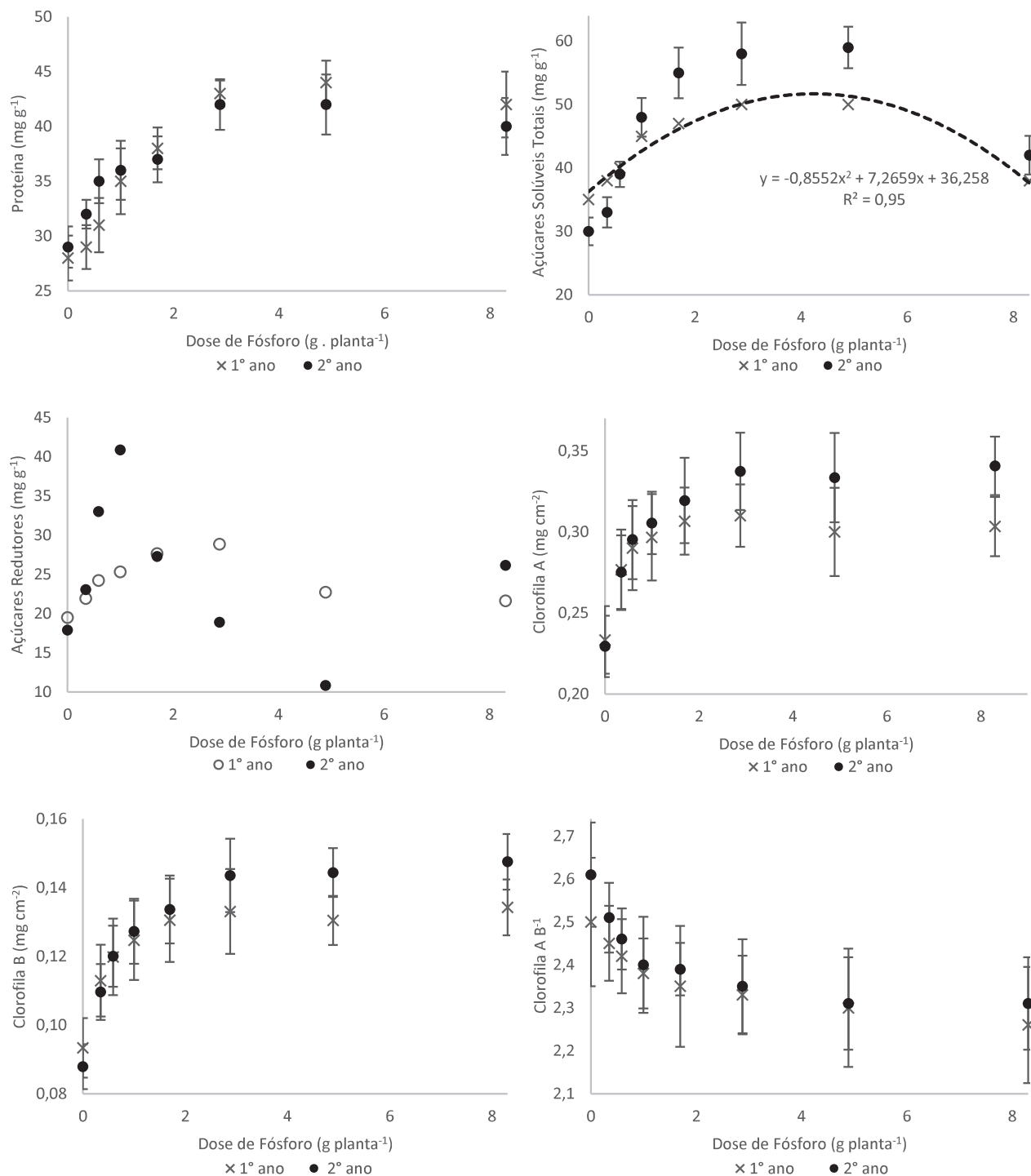


Figura 55: *Solidago chilensis* Meyen - teores de proteína, açúcares solúveis totais, açúcares redutores, clorofila A, clorofila B e relação entre clorofila A e B sob doses de fósforo.

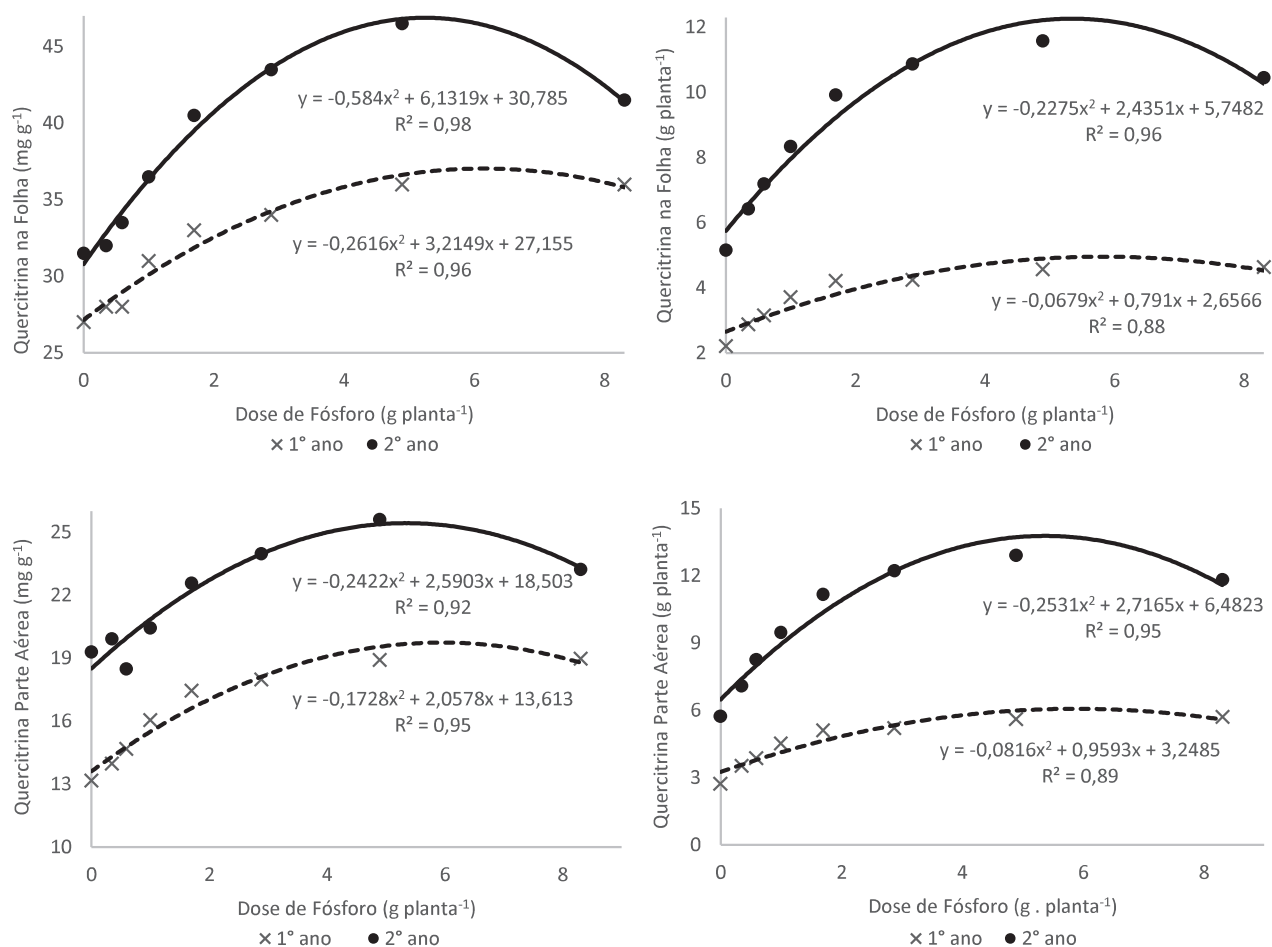


Figura 56: *Solidago chilensis* Meyen - teores e conteúdo de quercitrina na parte folha e parte aérea sob doses de fósforo.

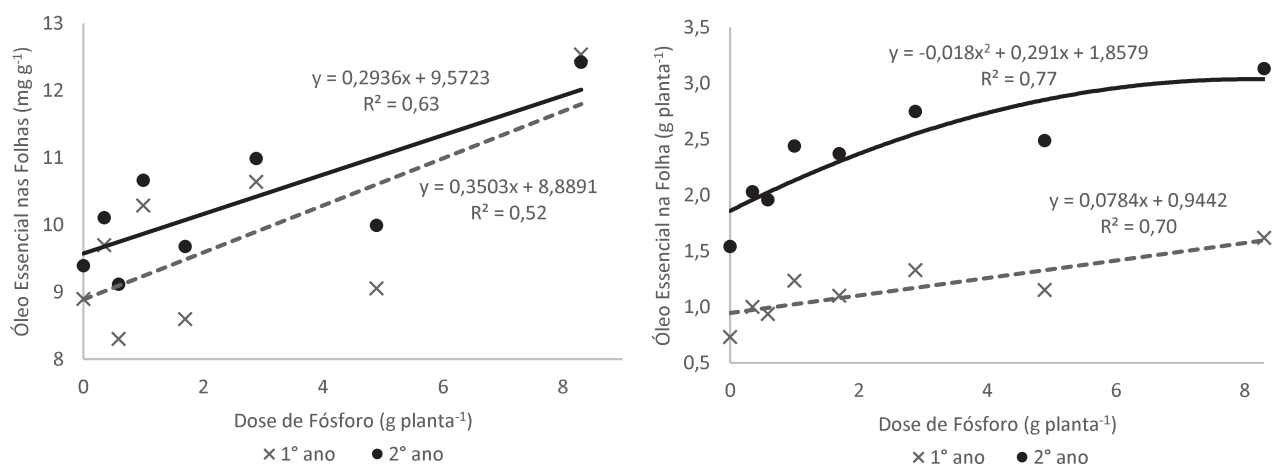


Figura 57: *Solidago chilensis* Meyen - teor e conteúdo de óleo essencial em sob doses de fósforo.

O teor de P aumentou nas folhas e caules, assim como o conteúdo na planta com o incremento das doses de P (Figura 58).

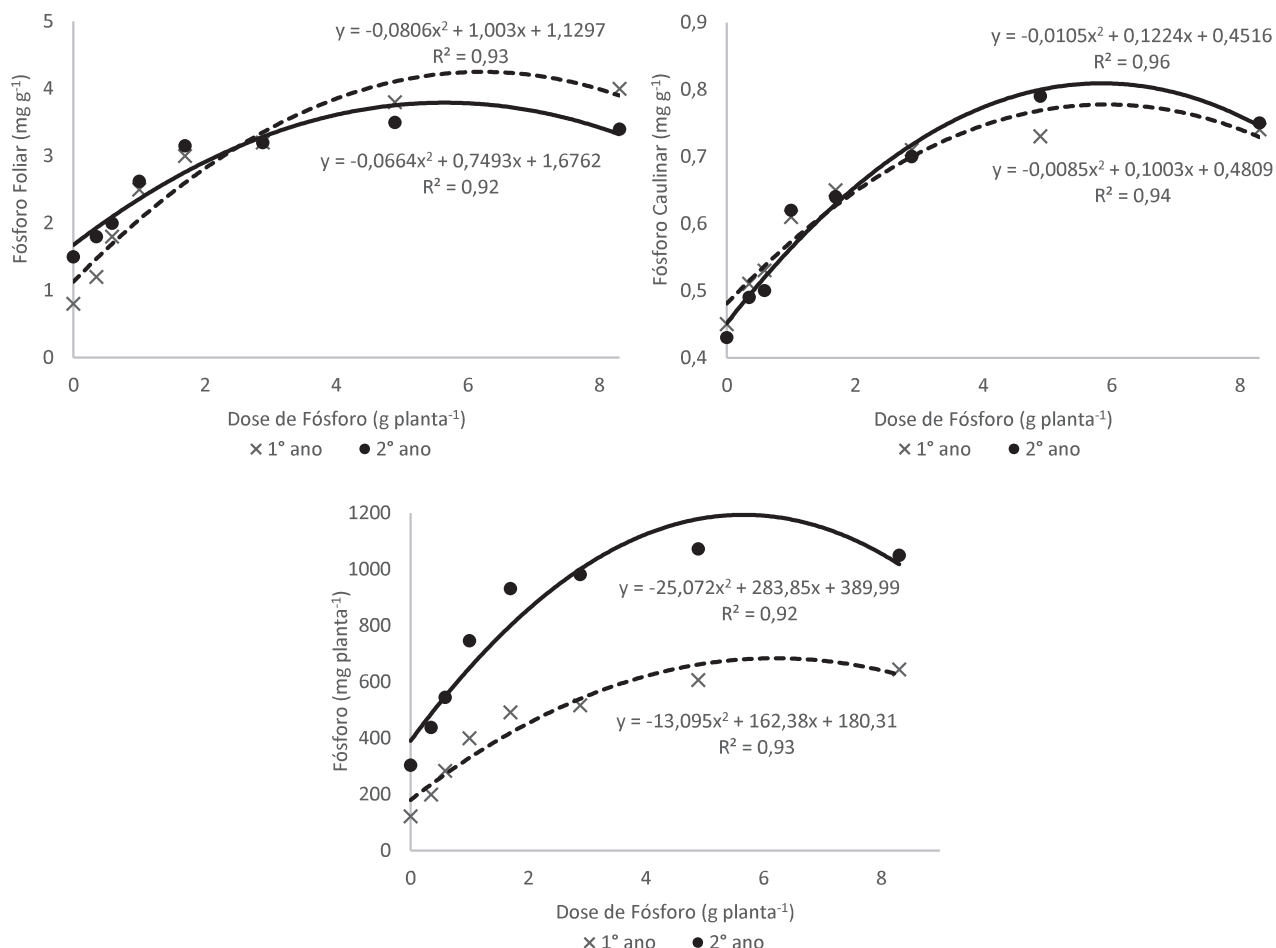


Figura 58: *Solidago chilensis* Meyen - teores de fósforo foliar e caulinar e conteúdo de fósforo na parte aérea sob doses de fósforo.

O índice de Siddiqi e Glass (1981) de eficiência de utilização dos nutrientes nas folhas apresentou queda nos dois anos avaliados (Figura 59). A quantidade de P aplicado para produção de 100 g de MSF aumentou de forma linear nos dois anos, enquanto a quantidade de P absorvido apresentou crescimento em curvas quadráticas. A relação entre P absorvido e aplicado foi decrescente.



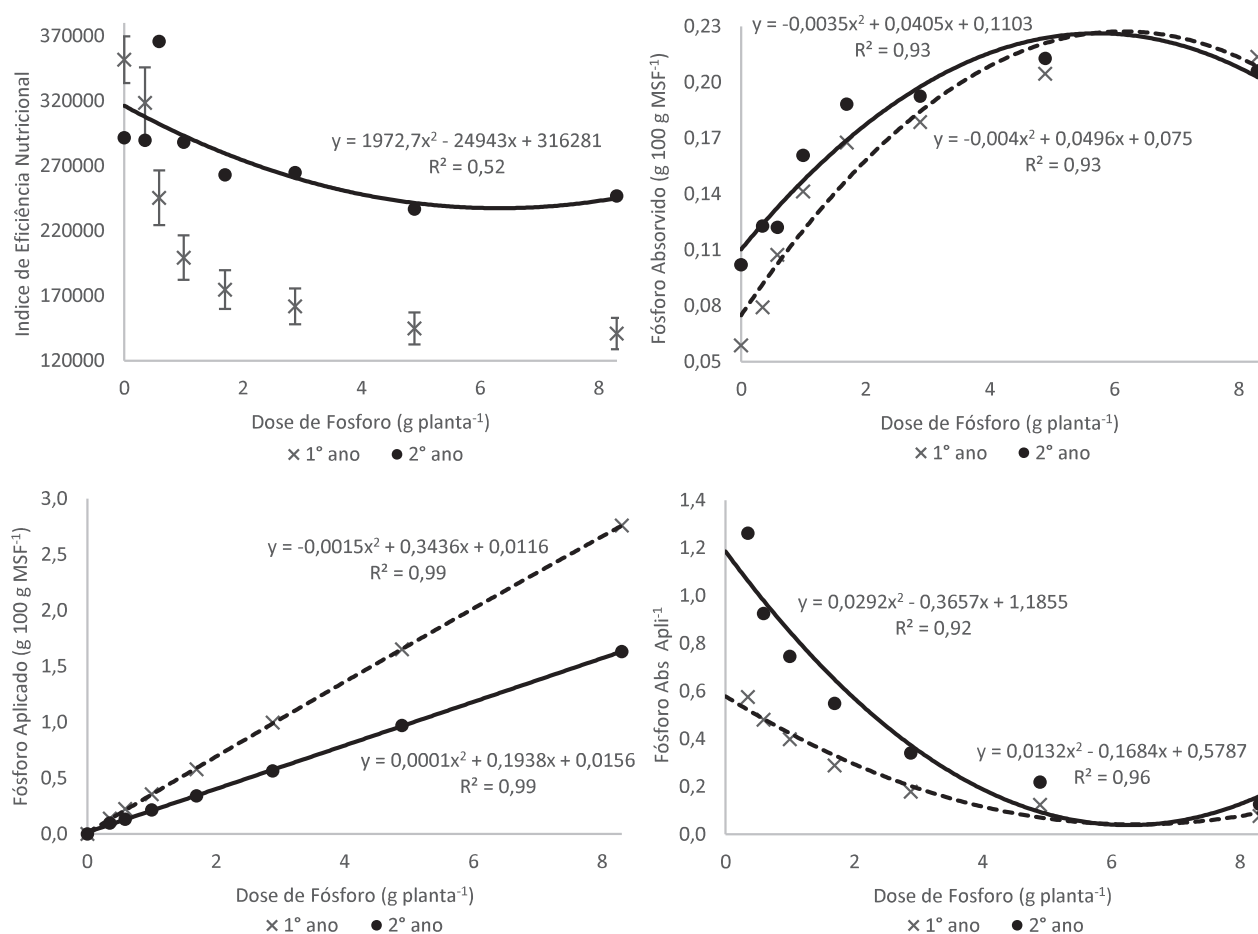


Figura 59: *Solidago chilensis* Meyen - índice de eficiência de utilização dos nutrientes nas folhas, quantidade de nitrogênio absorvido e aplicado para cada 100 g de massa seca de folhas e relação entre nitrogênio absorvido e aplicado sob doses de fósforo.

### 5.3.2.4 Calagem

O cálcio e magnésio foi fornecido por meio do mesmo veículo, calcário dolomítico, não sendo possível identificar a eficiência da absorção e uso dos elementos isoladamente, assim como dos possíveis resultados das moléculas que veiculam os elementos, como carbonato de cálcio, que sabidamente elevam o pH do solo e neutralizam alumínio, elemento tóxico para as plantas (CAIRES et al., 2001; FERREIRA et al., 2006; DALLA NORA et al., 2017; GALINDO et al., 2017).

A calagem proporcionou elevação abrupta da altura das plantas, com destaque para a dose de 31,6 g de Ca planta<sup>-1</sup> comparada à dosagem anterior nos dois anos avaliados (Figura 65). O mesmo comportamento foi observado para as demais variáveis biométricas MSF, MSC, relação entre MSF e MST e IAF.

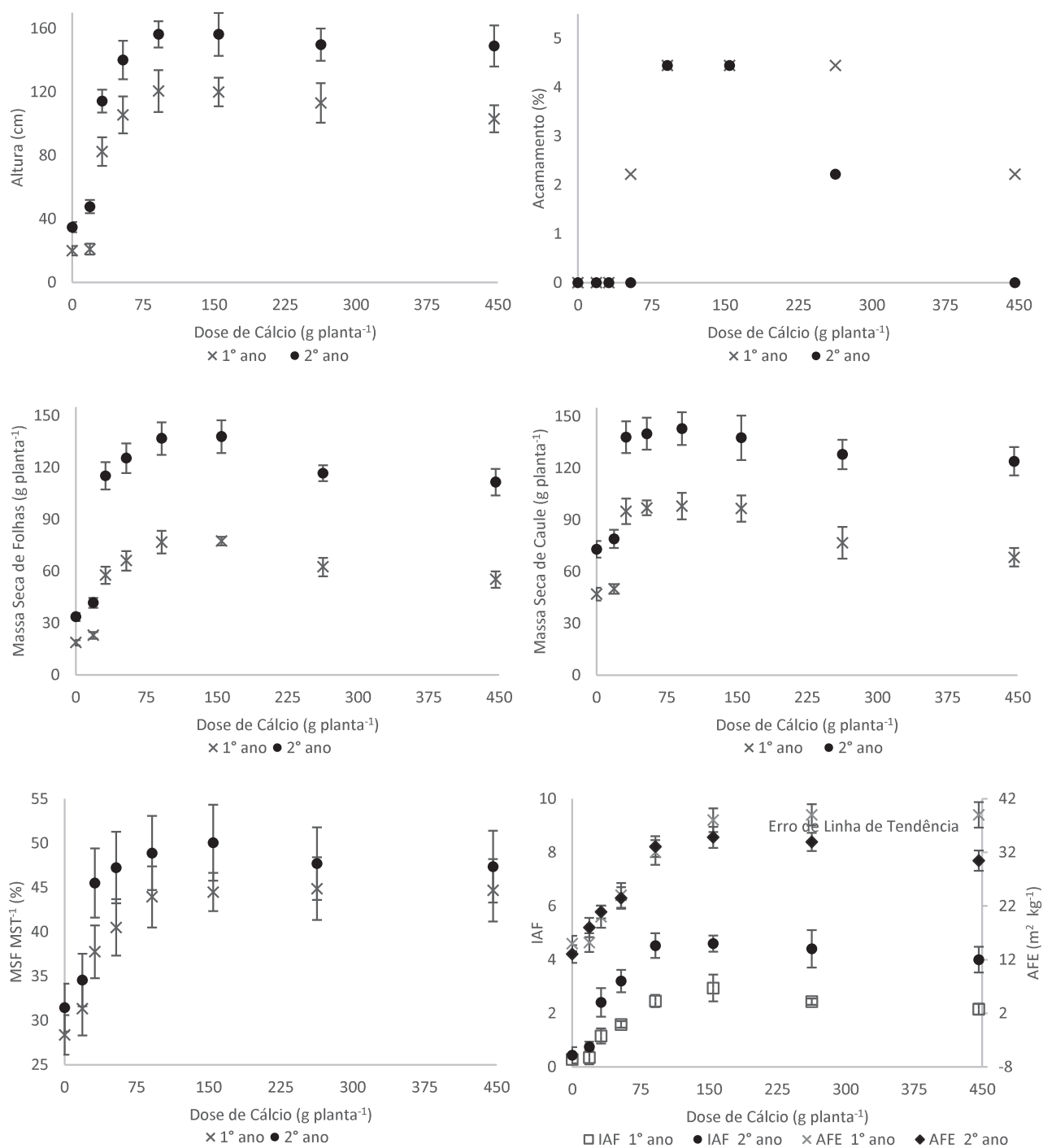


Figura 60: *Solidago chilensis* Meyen - altura, acamamento, massa seca de folhas, massa seca de caule, relação massa seca de folhas por massa seca total, índice de área foliar e área foliar específica sob doses de calcário dolomítico.

Os teores de proteína, açúcares solúveis totais e açúcares redutores apresentaram elevação e posterior queda com a elevação das doses de calcário (Figura 61).

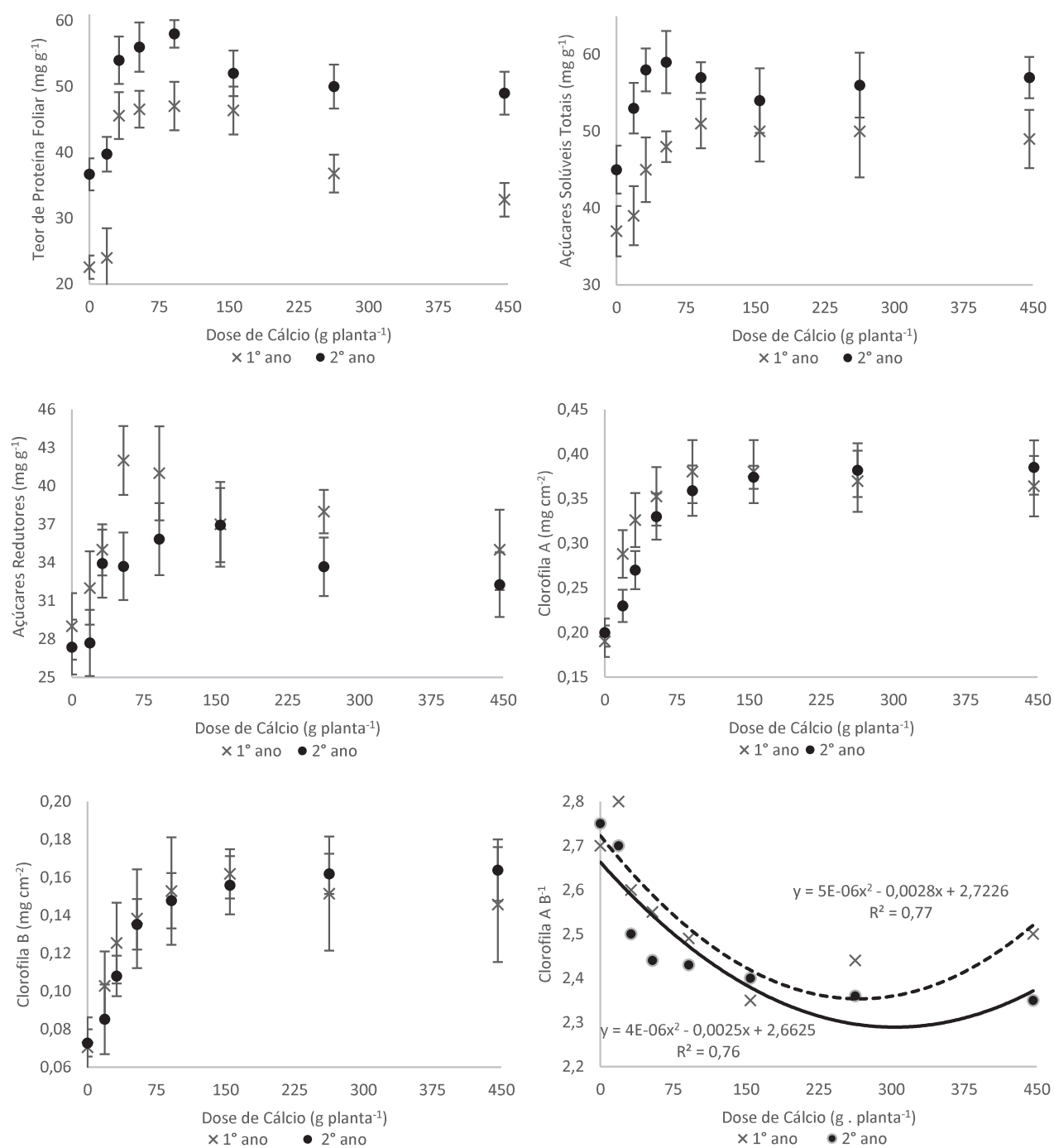


Figura 61: *Solidago chilensis* Meyen - teores de proteína, açúcares solúveis totais, açúcares redutores, clorofila A, clorofila B e relação entre clorofila A e B sob doses de calcário dolomítico.

O teor e conteúdo de quercitrina (Figura 62) e de OE (Figura 63) aumentou com as doses de calcário dolomítico.

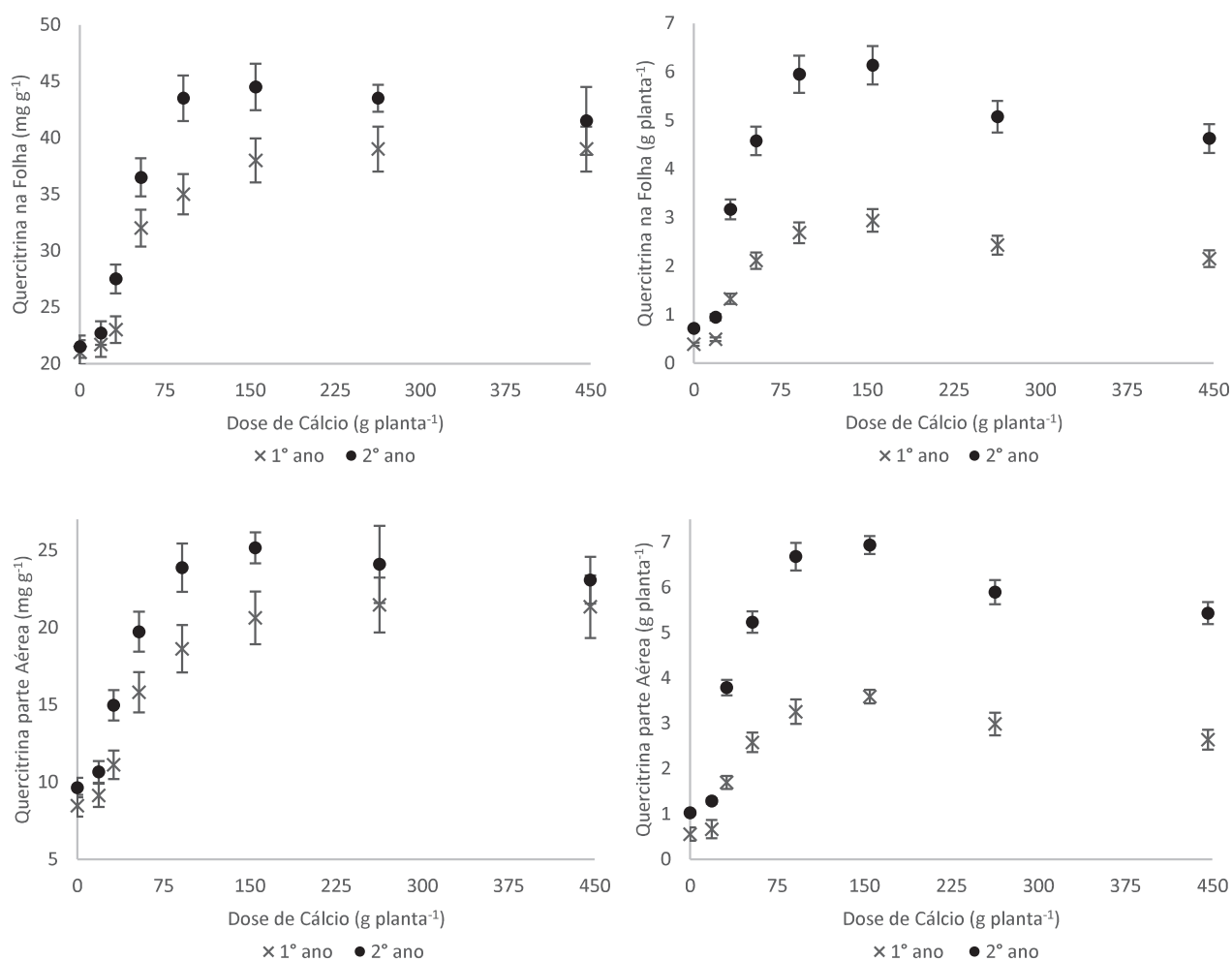


Figura 62: *Solidago chilensis* Meyen - teores e conteúdo de quercitrina na parte folha e parte aérea sob doses de calcário dolomítico.

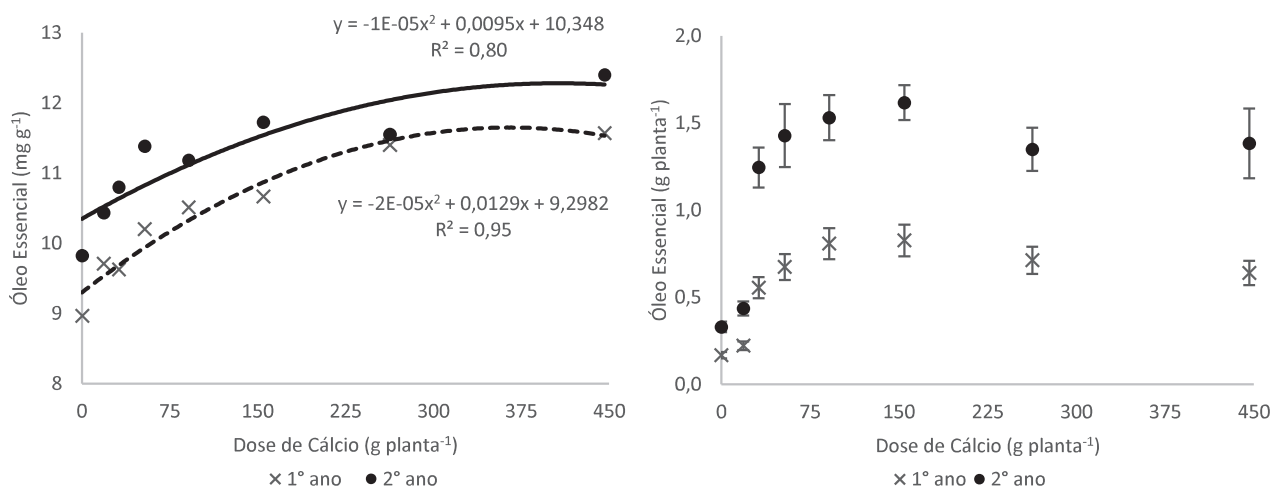


Figura 63: *Solidago chilensis* Meyen - teor e conteúdo de óleo essencial sob doses de calcário dolomítico.

Os teores de cálcio e magnésio nas folhas e caules de *S. chilensis* aumentaram com as doses de calcário (Figura 64). Já o conteúdo de cálcio aumentou até a dose de 154,8 g de Ca planta<sup>-1</sup> com posterior queda, enquanto o conteúdo de magnésio aumentou até 68,6 g de Mg planta<sup>-1</sup> com posterior estabilização.

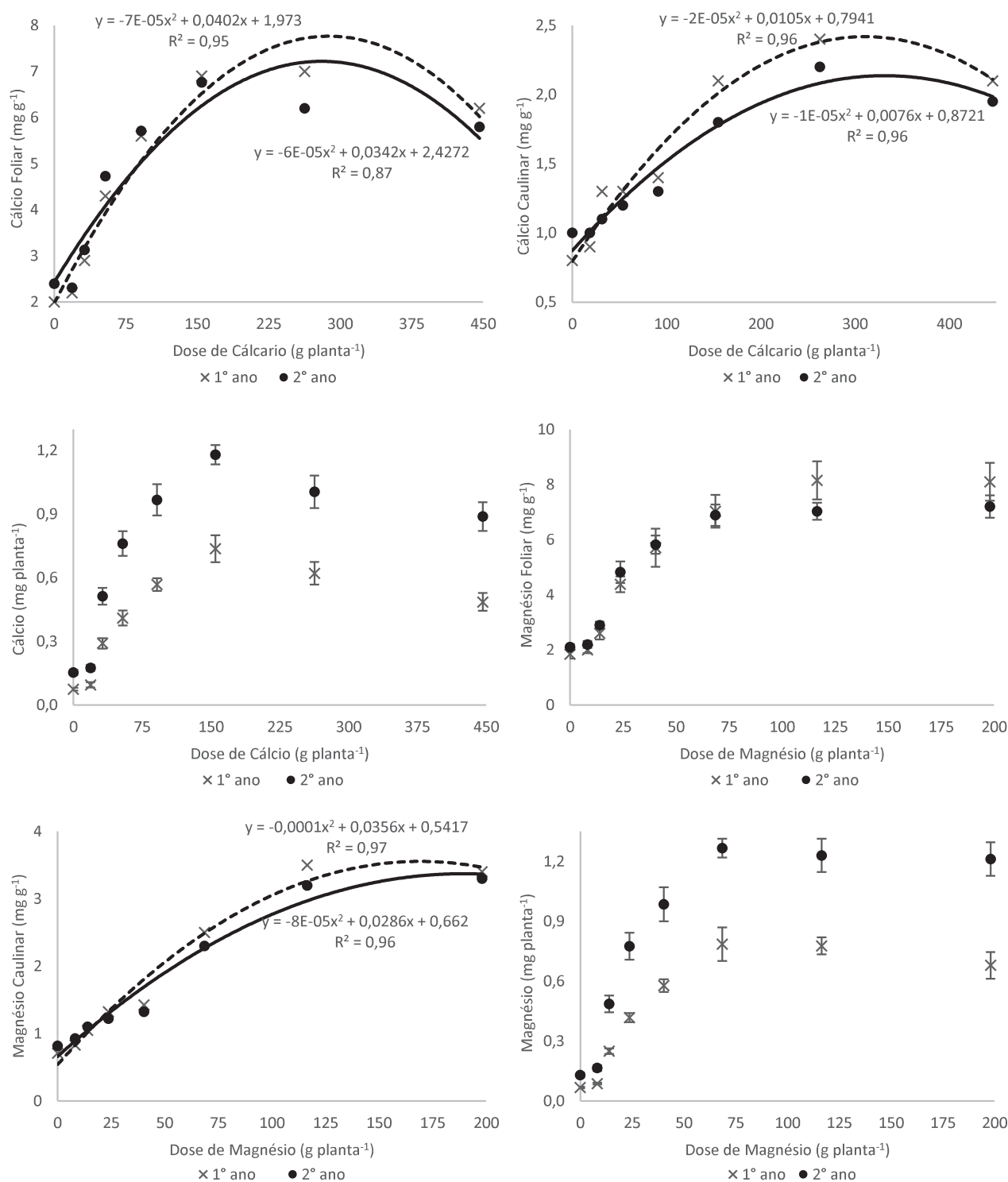


Figura 64: *Solidago chilensis* Meyen - teores de cálcio e magnésio foliar e caulinar e conteúdo de cálcio e magnésio na parte aérea sob doses de calcário dolomítico.

O índice de Siddiqi e Glass (1981) de eficiência de utilização dos nutrientes nas folhas aumentou até a dose de 31,6 g Ca planta<sup>-1</sup> com posterior queda (Figura 65). A quantidade de cálcio absorvido para produção de 100 g de MSF aumentou até a dose de 154,8 g Ca planta<sup>-1</sup> com posterior estabilização e queda na maior dosagem. Já a quantidade de cálcio aplicada necessária para produção de 100 g de MSF apresentou crescimento linear. A relação entre Ca absorvido e Ca aplicado aumentou até de 31,6 g planta<sup>-1</sup> e posteriormente apresentou queda.

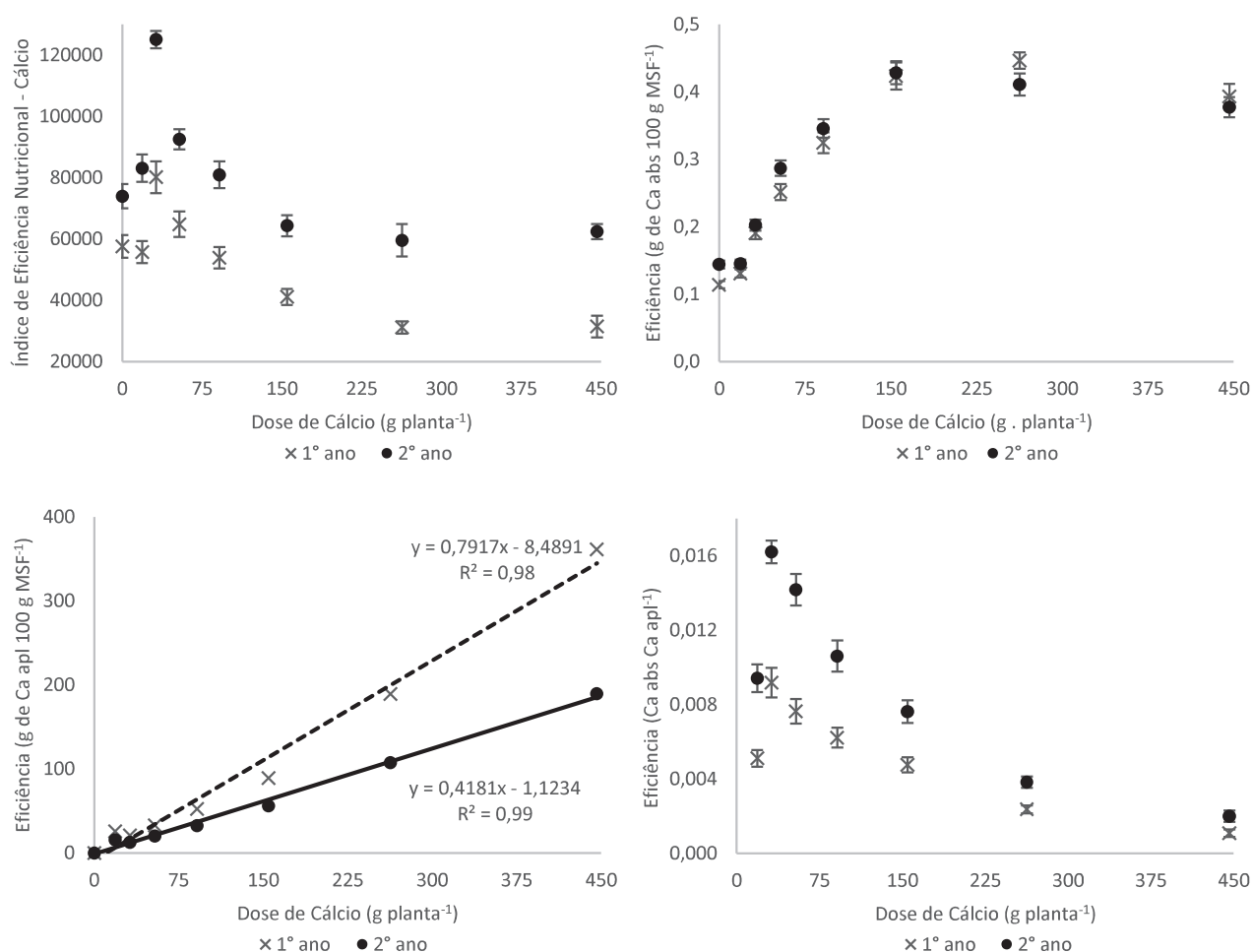


Figura 65: *Solidago chilensis* Meyen - índice de eficiência de utilização dos nutrientes nas folhas, quantidade de cálcio absorvido e aplicado para cada 100 g de massa seca de folhas e relação entre nitrogênio absorvido e aplicado sob doses de calcário dolomítico.

## 5.4 DISCUSSÃO

### 5.4.1 Propagação

Espécie policárpica, com florescimento no final da primavera e outro no final do outono, provavelmente uma estratégia biológica para disponibilização de sementes em período com clima favorável à germinação e ao desenvolvimento e outro para formação de banco de sementes no solo (GUREVITCH et al., 2009).

O florescimento foi homogêneo dentro das populações e entre populações próximas, similar ao encontrado em diversas espécies de Asteraceae (BIONDI et al., 2007), e pode ser induzido pelo fotoperíodo (SONG et al., 2015).

A maioria das sementes eram chochas, resultando em baixo potencial germinativo, sendo necessário beneficiamento para purificação, dificultado pela presença de papus. As sementes eram pequenas, com PMS entre 53,7 e 70,1 mg. A peletização poderia ser uma técnica a facilitar o uso das sementes da espécie (GREGG; BILLUPS, 2016). Maiores valores de germinação encontrados foram para as sementes com maior PMS, provavelmente pelo maior acúmulo de substâncias de reserva e maior proximidade da maturidade fisiológica.

A espécie caracteriza-se pelo elevado número de sementes, sendo que em média, uma panícula havia capacidade de originar mais de 8.000 plantas.

Houve germinação entre as temperaturas de 15 a 35 °C, com maior velocidade nas temperaturas maiores, todavia com maior potencial germinativo próximo a 24,6 °C. A capacidade de germinação a baixas temperaturas, como 15 °C é importante para possibilitar o plantio da espécie em períodos mais frios do ano, com menor matocompetição, permitindo mais facilmente o estabelecimento da cultura (GRAHN et al., 2015; SILVA et al., 2015b; SOLTANI et al., 2016; ARNOLD; SÁNCHEZ, 2017; ZIMDAHL, 2018). Como a germinação foi reduzida em temperaturas superiores a 24,6 °C, é importante planejar a implantação da cultura em períodos de temperatura amena, abaixo de 25 °C.

### 5.4.2 Nutrição

O fornecimento de nitrogênio e potássio resultou em grande incremento de produção de biomassa, todavia, redução do teor de quercitrina, marcador de qualidade química da espécie para indústria, a qual enseja teor acima de 20 mg g<sup>-1</sup> no material recebido, partes aéreas ou folhas.



Mesmo com aumento do conteúdo de quercitrina nas plantas, é essencial levar em conta o teor do composto nas partes aéreas, buscar ponto ótimo em relação à maior produtividade possível de biomassa com teor de quercitrina em níveis desejados pela indústria. Neste sentido, doses de até 5,1 e 1,5 g planta<sup>-1</sup> de N e K, respectivamente, foram ideais para obtenção de matéria prima de qualidade.

Assim, os melhores resultados encontrados não estavam relacionados às doses recomendadas pela Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e Tecido Vegetal (2004) para *S. rebaudiana* sendo necessários maiores estudos para compreensão das necessidades nutricionais da espécie em diferentes condições edafoclimáticas.

O teor de quercitrina na parte aérea de *S. chilensis* possui valoração indireta porque atesta a qualidade da matéria prima adquirida pela indústria farmacêutica e é importante para possibilitar a produção de extratos e fitoterápicos de qualidade (LIZ et al., 2008; SMOLAREK, 2011; VALVERDE et al., 2013; BARROS et al., 2016).

Todavia, além das atividades biológicas descritas para a espécie *S. chilensis*, há diversas pesquisas sobre as atividades biológicas específicas da quercitrina, principalmente antioxidante e anti-inflamatória (GÁLVEZ et al., 1993; CAMUESCO et al., 2004; MUZITANO et al., 2006; YIN et al., 2013). Assim, o composto também possui valoração direta, pois puro é amplamente comercializado no mundo principalmente em forma de comprimido, para uso medicinal por indicação médica ou uso empírico como nutracêutico (BOOTS et al., 2008; MURAKAMI et al., 2008; VICENTE et al., 2013).

A quercitrina também pode ser convertida facilmente pela enzima quercetinase em quercetina, composto ainda mais conhecido e consumido mundialmente (TRANCHIMAND et al., 2010). Todavia pesquisas *in vivo* têm mostrado efeitos muito superiores de quercitrina em relação a quercetina, principalmente em disfunções gástricas, havendo a tendência de aumento da procura pelo primeiro (COMALADA et al., 2005).

Diversas plantas têm sido pesquisadas no mundo como fonte de quercitrina para indústria (FABJAN et al., 2013), todavia, apresentam teores muito abaixo dos encontrados no presente estudo (45 mg g<sup>-1</sup> e 80 a 580 kg ha<sup>-1</sup>) (NEVEU et al., 2010; BHAGWAT et al., 2014)

O fornecimento de P e calcário dolomítico, em geral, não resultaram em contrapontos de qualidade nas dosagens mais altas, sendo possível buscar doses para maior biomassa e qualidade química levando em consideração a eficiência e o custo de utilização do nutriente. Estes resultados corroboram as observações de Souza et al. (2018a), que encontraram maiores teores de quercitrina em acessos de *S. chilensis* em solos com maior pH e disponibilidade de cálcio e com menores teores de alumínio.

A nutrição pode afetar drasticamente o teor de flavonoides nas plantas, variando conforme a espécie e estágio vegetativo. Especialmente o fornecimento de nitrogênio e potássio comumente está envolvido com a redução de flavonoides como quercitrina (BARTELSMAN; PHILLIPS, 1995; STEWART et al., 2001).

Em diversas espécies vegetais há redução da produção de compostos fenólicos com o aumento da produção de biomassa, principalmente relacionado ao fornecimento de N. Já a deficiência de N, em geral, diminui a taxa fotossintética e aumenta a expressão gênica de enzimas na via biossintética de flavonoides, como chalcona sintetase, di-hidroflavonol redutase e fenilalanina amônia liase (MARGNA, 1977; TAN, 1980; MARGNA et al., 1989; BARTELSMAN; PHILLIPS, 1995; CORONADO et al., 1995; STEWART et al., 2001; KOVÁČIK et al., 2007; GIORGI et al., 2009; CORTES-MORALES et al., 2018). Além disso, a deficiência de N resulta em diminuição do teor de clorofilas e danos nas membranas fotossintéticas, o que induz as plantas à produção de antocianinas e flavonoides para proteção (DIXON; PAIVA, 1995; LEYVA et al., 1995; GUIDI et al., 1997; YANG et al., 2018).

Desta forma, a redução do teor de quercitrina com o aumento das doses de N e K observado neste trabalho pode estar associada à nutrição adequada da espécie e à ausência de estresse nutricional que influencie a elevação do teor de compostos fenólicos. Estudos complementares sobre as enzimas relacionadas à produção de quercitrina em *S. chilensis* podem elucidar os resultados observados.

O aumento do IAF é importante pois está diretamente relacionado à produtividade de folhas, cobertura do solo e desempenho na competição por luz com as plantas espontâneas, contudo, o aumento do IAF causa autosombreamento e pode, conseqüentemente, resultar em menor teor de quercitrina, como ocorre com o teor de flavonoides em diversas plantas submetidas à níveis de sombreamento (CHAVES et al., 1997; ANTONEN et al., 2006; DOWNEY et al., 2006; KOYAMA et

al., 2012; LU et al., 2015; CHEN et al., 2017; DAWIYAH et al., 2018; IDRIS et al., 2018). A redução do teor de quercitrina pode estar associado, também, à expansão foliar nas plantas com maior IAF e redução da densidade das estruturas responsáveis pela produção do composto (LIAKOURA et al., 1997).

Neste sentido, é importante a realização de ensaios para determinar as melhores condições de cultivo da espécie, acerca de temas que sabidamente interferem na produção de biomassa e flavonoides como do espaçamento de plantio, IAF, sombreamento, altitude, temperatura e radiação (CUADRA et al., 1997; LI et al., 1993; LEYVA et al., 1995; LIU et al., 2015, 2018; JORDAN, 2017; YANG et al., 2018) além de estresses bióticos e abióticos (DIXON; PAIVA, 1995).

O aumento da AFE pode dever-se ao maior sombreamento causado pela elevação do IAF, que normalmente resulta em folhas menos espessas, com parênquima paliádico mais fino (GONDIM et al., 2008; ARAGÃO et al., 2014; CONFORTO et al., 2015). O sombreamento causa, também, redução da relação entre clorofila A e B (LICHTENTHALER et al., 2013; SHAO et al., 2014; ZIVCAK et al., 2014; WIĘCKOWSKI, 2015), conforme observado no presente trabalho com o aumento das doses de N, K, P e calcário dolomítico.

A adequada nutrição das plantas possibilita maiores teores de clorofila e maior fotossíntese líquida, resultando em aumento da produção de biomassa. A clorofila A é o principal pigmento responsável pela doação de elétrons na fotossíntese e a clorofila B auxilia na principalmente em comprimentos de onda maiores como vermelho extremo, sendo mais importante em condições de sombreamento como uma adaptação às condições de baixa luminosidade (TAIZ et al., 2017).

O aumento da fotossíntese líquida resulta em maiores teores de açúcares e, diante a maior concentração de nitrogênio nas plantas, maior produção de aminoácidos e proteínas (AINSWORTH; BUSH, 2011; TIMM et al., 2012; ASHRAF; HARRIS, 2013).

Este incremento na fotossíntese líquida e consequente produção de biomassa resultante de doses de N e K interfere de forma distinta nas espécies vegetais quanto à produção, teor e composição de óleos essenciais (RIOBA et al., 2015; CHRYSARGYRIS et al., 2016). Para maioria das espécies o fornecimento de N, P e K ocasiona aumento do teor de óleos essenciais (WIERDAK, 2013) como para *Coriandrum sativum* L. (AKBARINIA et al., 2007; MOOSAVI et al., 2013), *Melissa*

*officinalis* L. (AZIZ; EL-ASHRY, 2009), *Thymus vulgaris* L. (JABBARI et al., 2011), *Ocimum basilicum* L. (KANDIL et al., 2009; WIERDAK et al., 2013), *Ocimum americanum* L. (OMER et al., 2008), *Origanum vulgare* L. (KARAMANOS; SOTIROPOULOU, 2013) e *Foeniculum vulgare* Mill. (MAHFOUZ; ELDIN, 2007).

A composição química dos OE é crucial, geralmente dado de qualidade da matéria prima produzida e varia conforme nutrição da planta. As atividades biológicas dos OE podem ser oriundas de uma combinação de compostos ou apenas de um composto isoladamente e são sempre variáveis conforme o teor dos compostos de interesse (WIERDAK, 2013).

Considerando-se os dados de conteúdo e composição dos óleos essenciais no experimento com doses de N, para um estande de 40.000 planta ha<sup>-1</sup> (espaçamento de 50 cm entre plantas e entre linhas), pode-se estimar produção anual entre 13 e 165 kg ha<sup>-1</sup> de óleo essencial, entre 4 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de Germacreno D e 2,6 a 32,2 kg ha<sup>-1</sup> de Bibiclogermacreno, dependendo da idade da planta e dose de N fornecida.

O OE isolado de *S. chilensis* ainda não é utilizado comercialmente, todavia os constituintes majoritários do OE apresentam atividade anti-inflamatória e podem estar envolvidos no efeito anti-inflamatório do extrato da planta, além de que alguns dos compostos majoritários são de interesse industrial.

O germacreno D é um hidrocarboneto orgânico volátil, sesquiterpeno, ainda pouco estudado isoladamente sobre suas atividades biológicas, todavia já identificados indícios de efeitos anti-inflamatório, antibacteriano (ABAD et al., 2013), inseticida (SANTANA et al., 2015) e anticarcinogênico (FERRAZ et al., 2013; QUINTANS et al., 2013) com evidências suficientes para exploração industrial na produção de medicamentos para combate ao câncer (CASIGLIA et al., 2017).

Contudo, a principal linha de estudo com o composto busca compreender a influência do germacreno D na interação planta-inseto com vistas à criação de tecnologias para o controle de pragas.

Insetos praga dos gêneros *Helicoverpa* e *Heliothis*, como as espécies *Helicoverpa armigera* (praga na cultura do algodoeiro) e *Heliothis virescens* (praga na cultura do fumo) são altamente atraídas pelo composto e possuem receptores olfativos altamente sensíveis e seletivos ao germacreno D, induzindo não apenas a atração dos insetos mas também a intensificação da ovoposição (RØSTELIEN et al., 2000; MOZURAITIS et al., 2002; STRANDEN et al., 2002, 2003).

Por outro lado, o composto atua diante outros insetos como repelente, mascarando a presença de compostos atrativos e inibindo os movimentos dos insetos em direção à planta (YAMASAKI et al., 1997). Em álamo, por exemplo, o ataque de lagartas e a aplicação de jasmonatos são capazes de induzir a produção de germacreno D pela planta como resposta ao ataque, para repelência dos insetos (ARIMURA et al., 2004).

Estas atividades do composto abrem oportunidades tanto para o desenvolvimento de cultivares menos atrativas às pragas como para criação de repelentes e estratégias de manejo para atração e eliminação de pragas (STRANDEN et al., 2003).

O germacreno D é encontrado em diversas espécies vegetais, todavia, em baixas concentrações, como em *Thymus serpyllum* L. (RAAL et al., 2004), *Angelica glauca* (AGNIHOTRI et al., 2004), *Lamium purpureum* L. (FLAMINI et al., 2005), *Brickellia veronicaefolia* (CRUZ et al., 2006) e espécies do gênero *Curcuma* (YANG et al., 2005). Raras espécies apresentam o composto como majoritário no OE, como observado em *S. chilensis* no presente trabalho e por Tininis et al (2006) em *Casearia sylvestris* Sw.

Diante a dificuldade na obtenção do composto por fontes naturais através de espécies vegetais com alto teor de germacreno D, tem sido pesquisado a superexpressão de enzimas relacionadas à síntese do composto assim como a engenharia genética para incorporação de genes relacionados às rotas biossintéticas, todavia ainda inviáveis comercialmente (PICAUD et al., 2006; YOSHIKUNI et al., 2006).

A síntese do germacreno D foi identificada em *Solidago canadenses* através da via do metileritritol fosfato (STELIOPOULOS et al., 2002) enquanto que em *Tanacetum vulgare* L. pela via do ácido mevalônico (UMLAUF et al., 2004). Uma das linhas que concentra maior quantidade de pesquisas sobre o composto é no seu uso como precursor, matéria prima para obtenção de outros compostos de interesse, pois é ponto de partida para produção de diversos terpenos, sendo comum encontrar nas plantas que contém germacreno D uma série de outros compostos derivados como  $\alpha$ -humuleno, (E)-cariofileno,  $\delta$ -cadineno e biciclogermacreno (BÜLOW; KÖNIG, 2000).

O biciclogermacreno é um sesquiterpeno cicliclo, encontrado em pequenas concentrações em diversas plantas, com evidências de propriedades anti-

trypanosoma cruzi (MENEZES et al., 2013), antioxidante, antifúngica (MOREIRA et al., 2003; SILVA et al., 2007), antibacteriana (YAMAKOSHI et al., 1992; MARQUES et al., 2004; COSTA et al., 2009), anti-inflamatória (ESTEVES et al., 2005), antiviral (TOMMASI et al., 1990; NISHIZAWA et al., 1992;), anticarcinogênico (SU et al., 2008) e larvicida (COSTA et al., 2011), sendo esta última atividade testada com o composto isolado para controle das larvas dos vetores da dengue, malária e encefalite japonesa (GOVINDARAJAN; BENELLI, 2016).

É considerado um composto importante, com ampla possibilidade de usos farmacológicos e industriais, além de ser matéria prima para síntese de sesquiterpenóides de interesse, como aromadendreno, ledeno, viridiflorol, palestrol e espatulenol. Todavia, o biciclogermacreno é de difícil síntese sendo necessário encontrar espécies aromáticas com altos teores do composto para fornecer à indústria (TRAN; CRAMER, 2014).

A espécie *S. chilensis* mostra-se, assim, uma possível fonte de germacreno D e biciclogermacreno à indústria. Ademais, evidencia-se que a nutrição é técnica relevante para obtenção destes compostos, sendo que a dose de 5,1 g planta<sup>-1</sup> de N resultou em incremento de 28,2% de germacreno D no óleo essencial em comparação com a testemunha enquanto a dose de 4,2 g planta<sup>-1</sup> de K proporcionou aumento de 22,1% de biciclogermacreno no óleo essencial, além dos já citados incrementos em teor e conteúdo de OE com acréscimo dos nutrientes ao solo.

Já o (E)-cariofileno, juntamente a seus isômeros, como  $\alpha$ -humuleno, são mais tradicionalmente conhecidos na fitoquímica e usos industriais, principalmente na produção de óxido de cariofileno, um aromatizante, e por suas atividades anti-inflamatórias (FERNANDES et al., 2007; ROGERIO et al., 2009), todavia há diversas espécies vegetais com teores mais elevados destes compostos havendo, assim, diversas fontes já estabelecidas de matéria prima.

Todos os compostos citados acima, encontrados no OE de *S. chilensis*, possuem atividade anti-inflamatória ou ao menos indícios da atividade, o que sugere que parte dos efeitos anti-inflamatórios do fitoterápico pode dever-se ao teor e composição do óleo essencial da espécie.

O uso de fertilizantes para ajustar a nutrição de plantas não depende exclusivamente do melhor desempenho técnico, mas também, do custo e da eficiência da técnica. Desta forma, pode-se observar que o índice de eficiência nutricional de

Siddiqi e Glass (1981) tendeu a aumentar com as doses de N e calcário dolomítico até as doses de 8,6 g planta<sup>-1</sup> e 31,6 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente, devido elevado incremento de produção de biomassa nestes tratamentos, caracterizando-se como os procedimentos nutricionais mais eficientes.

Como o teor dos compostos aumentou com a aplicação de cada um dos respectivos nutrientes, houve maior absorção de nutriente para produzir 100 g de MSF e de forma ainda mais intensa a elevação da quantidade de nutriente aplicado para produção de cada 100 g de MSF, pois parte dos nutrientes aplicados não são absorvidos por conta da volatilização, lixiviação, competição com outras espécies, agregação na matéria orgânica em decomposição no solo ou até mesmo por estarem presentes na solução do solo mas não serem absorvidos pelas plantas e, assim, reduzindo a eficiência do uso. Como consequência, a relação entre nutriente absorvido e nutriente aplicado reduz.

A relação entre nutrientes absorvidos e aplicados aumentou apenas entre a testemunha e a aplicação de calcário dolomítico a 31,6 g planta<sup>-1</sup> de Ca, possivelmente pela condição adversa que se encontravam as plantas da testemunha sob condições de disponibilidade de alumínio no solo e baixo pH que possivelmente limitaram a capacidade de absorção de Ca e Mg pela planta, considerando a aplicação de K realizada em cobertura, sendo que tais nutrientes competem pelos mesmos canais de absorção nas raízes.

Assim, o incremento de nutrientes ao solo na cultura de *S. chilensis* deve levar em consideração a redução da eficiência do uso dos nutrientes com o aumento das doses.

## 5.5 CONCLUSÕES

*S. chilensis* produz muitas sementes, chochas em sua maioria, e necessita de processo de beneficiamento para maior potencial germinativo, este diretamente relacionado com o peso de mil sementes.

As sementes germinam entre 15 e 35 °C com maiores valores próximos a 24,5 °C, podendo ser semeadas a campo em períodos de temperaturas mais amenas, o que reduz os custos e esforços com controle da matocompetição.



O fornecimento de 5,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio permite maior produção de biomassa sem comprometer a qualidade em relação ao teor de quercitrina na parte aérea da planta. Doses maiores tendem a resultar na perda de qualidade.

Em solos com teor de potássio médio ou alto, a aplicação do nutriente deve ser restrita para evitar a perda de qualidade da matéria prima. Doses de potássio de até 1,5 g planta<sup>-1</sup> promovem maior produção e qualidade.

A elevação do nível de fósforo no solo para 30 mg dm<sup>-3</sup> proporciona melhor desempenho em todas as variáveis analisadas.

A elevação do pH do solo para valores entre 5,5 e 6,5 resulta em incremento da produtividade e qualidade. Maiores doses calcário dolomítico, aqui representadas por doses acima de 154,8 g planta<sup>-1</sup> de cálcio são prejudiciais.

O fornecimento de todos os nutrientes resulta em incremento na produção de óleos essenciais e as doses de N e K afetaram a composição.

Além da presença dos flavonoides conhecidamente responsáveis pela atividade anti-inflamatória, os compostos majoritários nos óleos essenciais podem potencializar tal atividade e servirem, ainda, de matéria prima para indústria de fitoterápicos e sanidade vegetal, sendo muitos destes compostos também suscetíveis ao manejo nutricional.

## REFERÊNCIAS

ABAD, M. J.; BEDOYA, L. M.; BERMEJO, P. Essential oils from the Asteraceae family active against multidrug-resistant bacteria. In: RAI, M. K.; KON, K. V. (Ed.) **Fighting multidrug resistance with herbal extracts, essential oils and their components**. Academic Press: San Diego, 2013. p.205–221.

ADAMS, R. P. **Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy**, 4th ed.; Allured Publishing Corporation: Carol Stream, IL, USA, 2012; p. 804

AGNIHOTRI, V. K.; THAPPA, R. K.; MEENA, B. Essential oil composition of aerial parts of *Angelica glauca* growing wild in North-West Himalaya (India). **Phytochemistry**, v. 65, n. 16, p. 2411–2413, 2004.

AINSWORTH, E. A.; BUSH, D. R. Carbohydrate export from the leaf: a highly regulated process and target to enhance photosynthesis and productivity. **Plant Physiology**, v. 155, n. 1, p. 64–69, 2011.

AKBARINIA, A.; DANESHIAN, J.; MOHMMAD, B. F. Effect of nitrogen fertilizer and plant density on seed yield, essential oil and oil content of *Coriandrum sativum* L. **Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants**, v. 22, n. 4, p. 410-419, 2007.

AMERICANAS. Lojas Americanas S.A. **Arnica Nacional**. 2019. Disponível em: < [www.americanas.com.br/categoria/beleza-e-perfumaria](http://www.americanas.com.br/categoria/beleza-e-perfumaria)>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2019.

ANTTONEN, M. J.; HOPPULA, K. I.; NESTBY, R.; VERHEUL, M. J.; KARJALAINEN, R. O. Influence of fertilization, mulch color, early forcing, fruit order, planting date, shading, growing environment, and genotype on the contents of selected phenolics in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 7, p. 2614–2620, 2006.

ARAGÃO, D. S.; PEREIRA LUNZ, A. M.; OLIVEIRA, L. C.; RAPOSO, A.; POETA FERMINO JUNIOR, P. C. Efeito do sombreamento na anatomia foliar de plantas jovens de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.). **Revista Árvore**, v. 38, n. 4, p. 631-639, 2014.

ARIMURA, G.; HUBER, D. P.; BOHLMANN, J. Forest tent caterpillars (*Malacosoma disstria*) induce local and systemic diurnal emissions of terpenoid volatiles in hybrid poplar (*Populus trichocarpa × deltoides*): cDNA cloning, functional characterization, and patterns of gene expression of (–)-germacrene D synthase, PtdTPS1. **The Plant Journal**, v. 37, n. 4, p. 603–616, 2004.

ARNOLD, R. L. B.; SÁNCHEZ, R. A. Modeling weed seed germination. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed.) **Seed development and germination**. Routledge: New York, 2017. p.545–566.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v. 24, n. 1, p. 1-15, 1949.

AS ERVAS CURAM. As Ervas Curam: da natureza até você. **Arnica do Mato**. 2019. Disponível em: <<https://aservascuram.com.br/product/arnica-do-mato-ec-tintura-100-ml/>>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2019.

ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Photosynthesis under stressful environments: an overview. **Photosynthetica**, v. 51, n. 2, p. 163–190, 2013.

ASSINI, F. L.; FABRÍCIO, E. J.; LANG, K. L. Pharmacological effect of aqueous extract from *Solidago chilensis* Meyen on mice. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 1, p. 130–134, 2013.

AVANCINI, C.; WIEST, J. M.; DALL'AGNOL, R.; HAAS, J. S.; VON POSER, G. L. Antimicrobial activity of plants used in the prevention and control of bovine mastitis in Southern Brazil. **Latin American Journal of Pharmacy**, v. 27, n. 6, p. 894–899, 2008.

AZIZ, E. E.; EL-ASHRY, S. M. Efficiency of slow release urea fertilizer on yield and essential oil production of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) plant. **American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science**, v. 5, n. 2, p. 141–147, 2009.

BAGATINI, M. D.; FACHINETTO, J. M.; SILVA, A. C. F.; TEDESCO, S. B. Cytotoxic effects of infusions (tea) of *Solidago microglossa* DC. (Asteraceae) on the cell cycle of *Allium cepa*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 2B, p. 632–636, 2009.

BARROS, M.; SILVA, L. M.; BOEING, T. Pharmacological reports about gastroprotective effects of methanolic extract from leaves of *Solidago chilensis* (Brazilian arnica) and its components quercitrin and afzelin in rodents. **Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology**, v. 389, n. 4, p. 403–417, 2016.

BARTELSMAN, M. B.; PHILLIPS, D. A. Nitrogen stress regulates gene expression of enzymes in the flavonoid biosynthetic pathway of tomato [anthocyanine]. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 33, n. 5, p. 539-546, 1995.

BHAGWAT, S.; HAYTOWITZ, D. B.; HOLDEN, J. M. **USDA database for the flavonoid content of selected foods, Release 3.1**. US Department of Agriculture: Beltsville, MD, USA, 2014. p. 49.

BIOMATIKA. Biomatika - Indústria de Cosméticos. **Gel de arnica**. 2019. Disponível em: < <http://www.biomatika.com.br/produtos/farma/gel-de-arnica>>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2019.

BIONDI, D.; LEAL, L.; BATISTA, A. C. Fenologia do florescimento e frutificação de espécies nativas dos Campos. **Acta Scientiarum**, v. 29, n. 3, p. 269–276, 2007.

BOOTS, A. W.; HAENEN, G. R. M. M.; BAST, A. Health effects of quercetin: From antioxidant to nutraceutical. **European Journal of Pharmacology**, v. 585, n. 2, p. 325–337, 2008.

BORGES, A. S. C.; COUTINHO-SANTOS, A.; BATISTA, M. T. A. Influence of the crude aqueous extract of *Solidago microglossa* DC on the in vitro dissolution of rat blood clots. **Journal of Traditional Medicines**, v. 3, n. 6, p. 238-243, 2008.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1–2, p. 248–254, 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, 2009a. 395 p.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Bulário Eletrônico**. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2019.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS (RENISUS)**. Brasília, 2009b.

BUCCIARELLI, A.; MINETTI, A.; MILCZAKOWSKYG, C.; SKLIAR, M. Evaluation of gastroprotective activity and acute toxicity of *Solidago chilensis* Meyen (Asteraceae). **Pharmaceutical Biology**, v. 48, n. 9, p. 1025–1030, 2010.

BÜLOW, N.; KÖNIG, W. A. The role of germacrene D as a precursor in sesquiterpene biosynthesis: investigations of acid catalyzed, photochemically and thermally induced rearrangements. **Phytochemistry**, v. 55, n. 2, p. 141–168, 2000.

CAIRES, E. F.; FELDHAUS, I. C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da cevada em função da calagem e aplicação de gesso. **Bragantia**, v. 60, n. 3, p. 213–223, 2001.

CAMUESCO, D.; COMALADA, M.; RODRÍGUEZ-CABEZAS, M. E.; et al. The intestinal anti-inflammatory effect of quercitrin is associated with an inhibition in iNOS expression. **British Journal of Pharmacology**, v. 143, n. 7, p. 908–918, 2004.

CASIGLIA, S.; BRUNO, M.; BRAMUCCI, M. *Kundmannia sicula* (L.) DC: a rich source of germacrene D. **Journal of Essential oil Research**, v. 29, n. 6, p. 437–442, 2017.

CATÃO, H. C. R. M.; COSTA, F. M.; VALADARES, S. V.; DOURADO, E. R.; JUNIOR, D. S. B.; SALES, N. L. P. Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de milho crioulo produzidas no norte de Minas Gerais. **Ciência Rural**, v. 40, n. 10, P. 2060-2066, 2010.

CHAVES, N.; ESCUDERO, J. C.; GUTIERREZ-MERINO, C. Role of ecological variables in the seasonal variation of flavonoid content of *Cistus ladanifer* exudate. **Journal of Chemical Ecology**, v. 23, n. 3, p. 579–603, 1997.

CHEN, C.; LUO, X.; JIN, G. Shading effect on survival, growth, and contents of secondary metabolites in micropropagated *Anoectochilus* plantlets. **Brazilian Journal of Botany**, v. 40, n. 3, p. 599–607, 2017.

CHRYSGYRIS, A.; PANAYIOTOU, C.; TZORTZAKIS, N. Nitrogen and phosphorus levels affected plant growth, essential oil composition and antioxidant status of lavender plant (*Lavandula angustifolia* Mill.). **Industrial Crops and Products**, v. 83, p. 577–586, 2016.

COMALADA, M.; CAMUESCO, D.; SIERRA, S.; et al. In vivo quercitrin anti-inflammatory effect involves release of quercetin, which inhibits inflammation through down-regulation of the NF-κB pathway. **European Journal of Immunology**, v. 35, n. 2, p. 584–592, 2005.

CONFORTO, E. D. C.; BITTENCOURT JÚNIOR, N. S.; SCALOPPI JUNIOR, E. J.; MORENO, R. M. B. Comparação entre folhas sombreadas de sete clones adultos de seringueira. **Revista Ceres**, v. 58, n. 1, p. 29-34, 2015.

CORONADO, C.; ZUANAZZI, J.; SALLAUD, C. Alfalfa root flavonoid production is nitrogen regulated. **Plant Physiology**, v. 108, n. 2, p. 533–542, 1995.

CORRÊA JÚNIOR, C.; GRAÇA, L. R.; SCHEFFER, M. C. **Complexo agroindustrial das plantas medicinais, aromáticas e condimentares no Estado do Paraná:**

**diagnóstico e perspectivas.** Curitiba: Sociedade Paranaense de Plantas Medicinais, 2004.

CORRÊA JÚNIOR, C.; SCHEFFER, M. C.; MING, L. C. **Cultivo agroecológico de plantas medicinais, aromáticas e condimentares.** Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2006.

CORRÊA JÚNIOR, C.; SCHEFFER, M. C. As plantas medicinais, aromáticas e condimentares e a agricultura familiar. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 3, p. 376-376, 2014.

CORRÊA, R. M.; PINTO, J.; REIS, E. S. Adubação orgânica na produção de biomassa de plantas, teor e qualidade de óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 12, n. 1, p. 80–89, 2010.

CORTES-MORALES, J. A.; LÓPEZ-LAREDO, A. R.; ZAMILPA, A. Morphogenesis and secondary metabolites production in the medicinal plant *Castilleja tenuiflora* Benth. Under nitrogen deficiency and starvation stress in a temporary immersion system. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 17, n. 1, p. 229–242, 2018.

COSTA, E. V.; DUTRA, L. M.; NOGUEIRA, P. C. Chemical composition and antioxidant, antimicrobial, and larvicidal activities of the essential oils of *Annona salzmannii* and *A. pickelii* (Annonaceae). **Natural Product Communications**, v. 6, n. 6, p. 907–912, 2011.

COSTA, J. G. M.; SOUSA, E. O.; RODRIGUES, F. F.; LIMA, S.; BRAZ-FILHO, R. Composição química e avaliação das atividades antibacteriana e de toxicidade dos óleos essenciais de *Lantana camara* L. e *Lantana* sp. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 3, p. 710–714, 2009.

CRUZ, B. R.; CRUZ, I. R.; RODRÍGUEZ, J. M.; ROJAS, C. M. C. G.; MATA, R. Qualitative and quantitative analysis of the active components of the essential oil from *Brickellia veronicaefolia* by nuclear magnetic resonance spectroscopy. **Journal of Natural Products**, v. 69, n. 8, p. 1172–1176, 2006.

CUADRA, P.; HARBORNE, J. B.; WATERMAN, P. G. Increases in surface flavonols and photosynthetic pigments in *Gnaphalium luteo-album* in response to UV-B radiation. **Phytochemistry**, v. 45, n. 7, p. 1377–1383, 1997.

DALLA NORA, D.; AMADO, T. J. C.; BORTOLOTTTO, R. P. Alterações químicas do solo e produtividade do milho com aplicação de gesso combinado com calcário. **MAGISTRA**, v. 26, n. 1, p. 1–10, 2017.

DAWIYAH, R. Y. A.; YUNUS, A.; SAMANHUDI; WIDIYASTUTI, Y.; WIDODO. Shading and vermicompost effect on growth and flavonoid content of Tapak Liman (*Elephantopus scaber* L.). **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 142, n. 1, p. 012022, 2018.

DINIZ, F. O.; REIS, M. S.; DIAS, L. A. S. Physiological quality of soybean seeds of cultivars submitted to harvesting delay and its association with seedling emergence in the field. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 2, p. 147–152, 2013.

DIXON, R. A.; PAIVA, N. L. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. **The Plant Cell**, v. 7, n. 7, p. 1085–1097, 1995.

DOWNEY, M. O.; DOKOOZLIAN, N. K.; KRSTIC, M. P. Cultural practice and environmental impacts on the flavonoid composition of grapes and wine: a review of recent research. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 57, n. 3, p. 257–268, 2006.

DUARTE, M. C. T.; FIGUEIRA, G. M.; SARTORATTO, A.; REHDER, V. L. G.; DELARMELENA, C. Anti-candida activity of Brazilian medicinal plants. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 97, n. 2, p. 305–311, 2005.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. T.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 3, p. 350–356, 1956.

ESTEVEES, I.; SOUZA, I. R.; RODRIGUES, M. Gastric antiulcer and anti-inflammatory activities of the essential oil from *Casearia sylvestris* Sw. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 101, n. 1–3, p. 191–196, 2005.



FABJAN, N.; RODE, J.; KOŠIR, I. J.; et al. Tartary Buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) as a Source of Dietary Rutin and Quercitrin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 22, p. 6452–6455, 2013.

FACURY NETO, M. A.; FAGUNDES, D. J.; BELETTI, M. E. Systemic use of *Solidago microglossa* DC in the cicatrization of open cutaneous wounds in rats. **Brazilian Journal of Morphological Sciences**, v. 21, n. 4, p. 207–210, 2004.

FERNANDES, E. S.; PASSOS, G. F.; MEDEIROS, R. Anti-inflammatory effects of compounds alpha-humulene and (–)-trans-caryophyllene isolated from the essential oil of *Cordia verbenacea*. **European Journal of Pharmacology**, v. 569, n. 3, p. 228–236, 2007.

FERRAZ, R. P.; CARDOSO, G. M.; SILVA, T. B. Antitumour properties of the leaf essential oil of *Xylopia frutescens* Aubl. (Annonaceae). **Food Chemistry**, v. 141, n. 1, p. 196–200, 2013.

FERREIRA, R. P.; MOREIRA, A.; RASSINI, J. B. **Toxidez de alumínio em culturas anuais**. Embrapa Pecuária Sudeste: São Carlos, 2006. 35 p.

FLAMINI, G.; CIONI, P. L.; MORELLI, I. Composition of the essential oils and in vivo emission of volatiles of four *Lamium* species from Italy: *L. purpureum*, *L. hybridum*, *L. bifidum* and *L. amplexicaule*. **Food Chemistry**, v. 91, n. 1, p. 63–68, 2005.

FREIRES, I. A.; ALVES, L. A.; JOVITO, V. C. Atividades antibacteriana e antiaderente in vitro de tinturas de *Schinus terebinthifolius* (Aroeira) e *Solidago microglossa* (Arnica) frente a bactérias formadoras do biofilme dentário. **Odontologia Clínica-Científica**, v. 9, n. 2, p. 139–143, 2010.

FREITAS, M. V.; RITA DE CÁSSIA, M. N.; DA COSTA HUSS, J. C. Influence of aqueous crude extracts of medicinal plants on the osmotic stability of human erythrocytes. **Toxicology in Vitro**, v. 22, n. 1, p. 219–224, 2008.

GALINDO, F. S.; SILVA, J. C.; GERLACH, G. A. X. Comparação do calcário líquido com o calcário em pó na fertilidade do solo e nutrição do feijoeiro. **Cultura Agronômica: Revista de Ciências Agronômicas**, v. 26, n. 3, p. 265–284, 2017.

- GÁLVEZ, J.; CRESPO, M. E.; JIMÉNEZ, J.; SUÁREZ, A.; ZARZUELO, A. Antidiarrhoeic activity of quercitrin in mice and rats. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 45, n. 2, p. 157–159, 1993.
- GASTALDO, B.; HATANAKA, E.; BORTOLON, J.; MURATA, G.; BACCHI, E. Action of constituents of *Solidago chilensis* DC (Brazilian arnica) in the mechanisms of wound healing. **Planta Medica**, v. 78, n. 11, 2012.
- GIORGI, A.; MINGOZZI, M.; MADEO, M.; SPERANZA, G.; COCUCCHI, M. Effect of nitrogen starvation on the phenolic metabolism and antioxidant properties of yarrow (*Achillea collina* Becker ex Rchb.). **Food Chemistry**, v. 114, n. 1, p. 204–211, 2009.
- GODINHO, M. A. S.; MANTOVANI-ALVARENGA, E.; FARIA VIEIRA, M. Germinação e qualidade de sementes de *Adenostemma brasilianum* (Pers.) cass., Asteraceae nativa de sub-bosque de Floresta Atlântica. **Revista Árvore**, v. 35, n. 6, p. 1197-1205, 2011.
- GONDIM, A. R. O.; PUIATTI, M.; VENTRELLA, M. C.; CECOM, P. R. Plasticidade anatômica da folha de taro cultivado sob diferentes condições de sombreamento. **Bragantia**, v. 67, n. 4, p. 1037–1045, 2008.
- GOULART, S.; MORITZ, M. I. G.; LANG, K. L. Anti-inflammatory evaluation of *Solidago chilensis* Meyen in a murine model of pleurisy. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 113, n. 2, p. 346–353, 2007.
- GOVINDARAJAN, M.; BENELLI, G. Eco-friendly larvicides from Indian plants: effectiveness of lavandulyl acetate and bicyclogermacrene on malaria, dengue and Japanese encephalitis mosquito vectors. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 133, p. 395–402, 2016.
- GRAHN, C. M.; HELLIER, B.; BENEDICT, C.; MILES, C. Screening USDA Lettuce (*Lactuca sativa* L.) germplasm for ability to germinate under cold conditions. **HortScience**, v. 50, n. 8, p. 1155–1159, 2015.
- GREGG, B.; BILLUPS, G. **Seed coating and pelletizing. Seed Conditioning**. v. 2. CRC Press: Florida, 2016. 880 p.

GUIDI, L.; LOREFICE, G.; PARDOSSI, A. Growth and photosynthesis of *Lycopersicon esculentum* (L.) plants as affected by nitrogen deficiency. **Biologia Plantarum**, v. 40, n. 2, p. 235-244, 1997.

GÜNTNER, C.; BARRA, C.; CESIO, M.V.; DELLACASSA, E.; FERRANDO, L.; FERREIRA, F.; GARCÍA, C.; GONZÁLEZ, G.; HEINZEN, H.; LLORET, A.; LORENZO, D.; MENÉNDEZ, P.; PAZ, D.; SOULE, S.; VÁZQUEZ, A; MOYNA, P. Antioxidant properties of *Solidago chilensis* L. flavonoids. **Acta Horticulturae**, v. 501, p.159–164, 1999.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, S. M.; FOX, G. A. **Ecologia Vegetal**. 2 ed. Artmed: Porto Alegre, 2009. 592 p.

HIRSCHMANN, G. S.; RODRIGUEZ, J.; ASTUDILLO, L. Gastroprotective activity of the diterpene solidagenone and its derivatives on experimentally induced gastric lesions in mice. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 81, n. 1, p. 111–115, 2002.

HOMMA, A. K. O. Plant extractivism or plantation: what is the best option for the Amazon? **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 167–186, 2012.

IDRIS, A.; LINATOC, A. C.; MUHAMMAD, S. M.; ALIYU, A. M.; BAKAR, M. F. A. Effect of light intensity on the total flavonoid and total phenolic contents of *Mikania micrantha* and *Tridax procumbens*. **Journal of Science and Technology**, v. 10, n. 4, p. 1-7, 2018.

JABBARI, R.; DEHAGHI, M. A.; SANAVI, A. M. M.; AGAHI, K. Nitrogen and iron fertilization methods affecting essential oil and chemical composition of thyme (*Thymus vulgaris* L.) medical plant. **Advances in Environmental Biology**, v. 5, n. 2, p. 433–438, 2011.

JORDAN, B. R. **UV-B radiation and plant life**: molecular biology to ecology. CABI: Wallingford, 2017. 182 p.

KANDIL, M. A. M.; KHATAB, M. E.; AHMED, S. S.; SCHNUG, E. Herbal and essential oil yield of Genovese basil (*Ocimum basilicum* L.) grown with mineral and organic fertilizer sources in Egypt. **Journal für Kulturpflanzen**, v. 61, n. 12, p. 443–449, 2009.

- KANTAR, M. B.; HÜBER, S.; HERMAN, A. Neo-domestication of an interspecific tetraploid *Helianthus annuus* × *Helianthus tuberosus* population that segregates for perennial habit. **Genes**, v. 9, n. 9, p. 422–435, 2018.
- KARAMANOS, A. J.; SOTIROPOULOU, D. E. K. Field studies of nitrogen application on Greek oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) letswaart) essential oil during two cultivation seasons. **Industrial Crops and Products**, v. 46, p. 246–252, 2013.
- KOVÁČIK, J.; KLEJDUS, B.; BAČKOR, M.; REPČÁK, M. Phenylalanine ammonia-lyase activity and phenolic compounds accumulation in nitrogen-deficient *Matricaria chamomilla* leaf rosettes. **Plant Science**, v. 172, n. 2, p. 393–399, 2007.
- KOYAMA, K.; IKEDA, H.; POUDEL, P. R.; GOTO-YAMAMOTO, N. Light quality affects flavonoid biosynthesis in young berries of Cabernet Sauvignon grape. **Phytochemistry**, v. 78, p. 54–64, 2012.
- LABOURIAU, L. G.; PACHECO, A. On the frequency of isothermal germination in seeds of *Dolichos biflorus* L. **Plant and Cell Physiology**, v. 19, n. 3, p. 507–512, 1978.
- LEYVA, A.; JARILLO, J. A.; SALINAS, J.; MARTINEZ-ZAPATER, J. M. Low temperature induces the accumulation of phenylalanine ammonia-lyase and chalcone synthase mRNAs of *Arabidopsis thaliana* in a light-dependent manner. **Plant Physiology**, v. 108, n. 1, p. 39–46, 1995.
- LI, J.; OU-LEE, T. M.; RABA, R.; AMUNDSON, R. G.; LAST, R. L. Arabidopsis flavonoid mutants are hypersensitive to UV-B irradiation. **The Plant Cell**, v. 5, n. 2, p. 171–179, 1993.
- LIAKOURA, V.; STEFANO, M.; MANETAS, Y.; CHOLEVAS, C.; KARABOURNIOTIS, G. Trichome density and its UV-B protective potential are affected by shading and leaf position on the canopy. **Environmental and Experimental Botany**, v. 38, n. 3, p. 223–229, 1997.
- LICHTENTHALER, H. K.; BABANI, F.; NAVRÁTIL, M.; BUSCHMANN, C. Chlorophyll fluorescence kinetics, photosynthetic activity, and pigment composition of blue-shade and half-shade leaves as compared to sun and shade leaves of different trees. **Photosynthesis Research**, v. 117, n. 1–3, p. 355–366, 2013.

LINSTROM, P. J.; MALLARD, W. G. **NIST Chemistry webbook; NIST standard reference database N° 69**. 2019. Disponível em <<http://webbook.nist.gov/chemistry>>, acessado em 18 de janeiro de 2019.

LIU, L.; GREGAN, S. M.; WINEFIELD, C.; JORDAN, B. Comparisons of controlled environment and vineyard experiments in sauvignon blanc grapes reveal similar UV-B signal transduction pathways for flavonol biosynthesis. **Plant Science**, v. 276, p. 44–53, 2018.

LIU, L.; GREGAN, S.; WINEFIELD, C.; JORDAN, B. From UVR8 to flavonol synthase: UV-B-induced gene expression in Sauvignon blanc grape berry. **Plant, Cell & Environment**, v. 38, n. 5, p. 905–919, 2015.

LIZ, R.; VIGIL, S. V. G.; GOULART, S. The anti-inflammatory modulatory role of *Solidago chilensis* Meyen in the murine model of the air pouch. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 60, n. 4, p. 515–521, 2008.

LU, Y.; ZHANG, M.; MENG, X.; WAN, H.; ZHANG, J.; TIAN, J.; HAO, S.; JIN, K.; YAO, Y. Photoperiod and shading regulate coloration and anthocyanin accumulation in the leaves of malus crabapples. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 121, n. 3, p. 619–632, 2015.

MAHFOUZ, S. A.; ELDIN, M. A. S. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). **International Agrophysics**, v. 21, n. 4, p. 361-366, 2007.

MARES, L. E. V.; ZARAGOZA, F. A. R.; GONZÁLEZ, J. J. S.; VARGAS-PONCE, O. Phenology, agronomic and nutritional potential of three wild husk tomato species (*Physalis*, Solanaceae) from Mexico. **Scientia Horticulturae**, v. 200, p. 83–94, 2016.

MARGNA, U. Control at the level of substrate supply - an alternative in the regulation of phenylpropanoid accumulation in plant cells. **Phytochemistry**, v. 16, n. 4, p. 419-426, 1977.

MARGNA, U.; MARGNA, E.; VAINJÄRV, T. Influence of nitrogen nutrition on the utilization of L-Phenylalanine for building flavonoids in buckwheat seedling tissues. **Journal of Plant Physiology**, v. 134, n. 6, p. 697–702, 1989.

MARQUES, C. G.; SIMÕES, M. F.; RODRÍGUEZ, B. Further labdane and kaurane diterpenoids and other constituents from *Plectranthus fruticosus*. **Journal of Natural Products**, v. 67, n. 4, p. 614–621, 2004.

MARTINS, A. P. L.; REISSMANN, C. B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 1, p. 1–17, 2007.

MARTINS, M. D.; MARQUES, M. M.; BUSSADORI, S. K. Citotoxicidade in vitro de extratos de arnica brasileira (*Solidago microglossa*) e arnica paulista (*Porophyllum ruderale*). **ConScientiae Saúde**, v. 8, n. 1, P. 99-104, 2009.

MELO, A. M.; BITTENCOURT, P.; NAKUTIS, F. S.; SILVA, A. P.; CURSINO, J.; SANTOS, G. A.; ASHINO, N. G.; VELLOSO, L. A.; TORSONI, A. S.; TORSONI, M. A. *Solidago chilensis* Meyen hydroalcoholic extract reduces JNK/IkB pathway activation and ameliorates insulin resistance in diet-induced obesity mice. **Experimental Biology and Medicine**, v. 236, n. 10, p. 1147–1155, 2011.

MENEZES, L. R.; SAMPAIO, M. F.; MEIRA, C. S. Chemical composition and anti-*Trypanosoma cruzi* activity of essential oils obtained from leaves of *Xylopia frutescens* and *X. laevigata* (Annonaceae). **Natural Product Communications**, v. 8, n. 3, p. 403–406, 2013.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426–428, 1959.

MOOSAVI, G.; SEGHA TOLESLAMI, M.; EBRAHIMI, A.; FAZELI, M.; JOUYBAN, Z. The effect of nitrogen rate and plant density on morphological traits and essential oil yield of coriander. **Journal of Ornamental and Horticultural Plants**, v. 3, n. 2, p. 95–103, 2013.

MOREIRA, I. C.; LAGO, J. H. G.; YOUNG, M. C. M.; ROQUE, N. F. Antifungal aromadendrane sesquiterpenoids from the leaves of *Xylopia brasiliensis*. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 14, n. 5, p. 828–831, 2003.

MOREL, A. F.; DIAS, G. O.; PORTO, C. Antimicrobial activity of extractives of *Solidago microglossa*. **Fitoterapia**, v. 77, n. 6, p. 453–455, 2006.

MOZURAITIS, R.; STRANDEN, M.; RAMIREZ, M. I.; BORG-KARLSON, A. K.; MUSTAPARTA, H. (-)-Germacrene D increases attraction and oviposition by the

tobacco budworm moth *Heliothis virescens*. **Chemical senses**, v. 27, n. 6, p. 505–509, 2002.

MURAKAMI, C.; LAGO, J. H. G.; PERAZZO, F. F.; et al. Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oils from *Chromolaena laevigata* during Flowering and Fruiting Stages. **Chemistry & Biodiversity**, v. 10, n. 4, p. 621–627, 2013.

MUZITANO, M. F.; CRUZ, E. A.; ALMEIDA, A. P. DE; et al. Quercitrin: An Antileishmanial Flavonoid Glycoside from *Kalanchoe pinnata*. **Planta Medica**, v. 72, n. 1, p. 81–83, 2006.

NASSIF, S.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeitos da temperatura na germinação de sementes de amendoim-do-campo (*Pterogyne nitens* Tul.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1, p. 1–6, 2000.

NEVEU, V.; PEREZ-JIMÉNEZ, J.; VOS, F.; et al. Phenol-Explorer: an online comprehensive database on polyphenol contents in foods. **Database**, v. 2010, n. 1, p. 24-32, 2010.

NISHIZAWA, M.; EMURA, M.; KAN, Y. Macrocarpals: HIV-RTase inhibitors of *Eucalyptus globulus*. **Tetrahedron Letters**, v. 33, n. 21, p. 2983–2986, 1992.

OHTSU, N. O.; WASAKI, J. Recent progress in plant nutrition research: cross-talk between nutrients, plant physiology and soil microorganisms. **Plant and Cell Physiology**, v. 51, n. 8, p. 1255–1264, 2010.

OMER, ELSA. A.; ELSAYED, A. A.; EL-LATHY, A.; KHATTAB, A. M. E.; SABRA, A. S. Effect of the nitrogen fertilizer forms and time of their application on the yield of herb and essential oil of *Ocimum americanum* L. **Herba Polonica**, v. 54, n. 1, p. 34–46, 2008.

PADUA, G. P.; ZITO, R. K.; ARANTES, N. E.; FRANCA NETO, J. B. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 9–16, 2010.

PEGORARO, R. L.; FALKENBERG, M. B.; VOLTOLINI, C. H.; SANTOS, M.; PAULILO, M. T. S. Produção de óleos essenciais em plantas de *Mentha x piperita* L. var. *piperita* (Lamiaceae) submetidas a diferentes níveis de luz e nutrição do substrato. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 4, p. 631–637, 2010.



PICAUD, S.; OLSSON, M. E.; BRODELIUS, M.; BRODELIUS, P. E. Cloning, expression, purification and characterization of recombinant (+)-germacrene D synthase from *Zingiber officinale*. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 452, n. 1, p. 17–28, 2006.

QUINTANS, J. S. S.; SOARES, B. M.; FERRAZ, R. P. C. Chemical constituents and anticancer effects of the essential oil from leaves of *Xylopia laevigata*. **Planta Medica**, v. 79, p. 123-130, 2013.

RAAL, A.; PAAVER, U.; ARAK, E.; ORAV, A. Content and composition of the essential oil of *Thymus serpyllum* L. growing wild in Estonia. **Medicina**, v. 40, n. 8, p. 795–800, 2004.

RAFAEL, L.; TERESINHA, N.; MORITZ, J. C. Evaluation of antimicrobial and antiplatelet aggregation effects of *Solidago chilensis* Meyen. **International Journal of Green Pharmacy**, v. 3, n. 1, p. 35-39, 2009.

REDE OFICIAL DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE SOLO E TECIDO VEGETAL, ROLAS. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10° ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. p. 403.

RIOBA, N. B.; ITULYA, F. M.; SAIDI, M.; DUDAI, N.; BERNSTEIN, N. Effects of nitrogen, phosphorus and irrigation frequency on essential oil content and composition of sage (*Salvia officinalis* L.). **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 2, n. 1, p. 21–29, 2015.

RODRÍGUEZ, J. A.; THEODULOZ, C.; SÁNCHEZ, M.; RAZMILIC, I.; HIRSCHMANN, S. G. Gastroprotective and ulcer-healing effect of new solidagenone derivatives in human cell cultures. **Life Sciences**, v. 77, n. 17, p. 2193–2205, 2005.

ROGERIO, A. P.; ANDRADE, E. L.; LEITE, D. F.; FIGUEIREDO, C. P.; CALIXTO, J. B. Preventive and therapeutic anti-inflammatory properties of the sesquiterpene  $\alpha$ -humulene in experimental airways allergic inflammation. **British Journal of Pharmacology**, v. 158, n. 4, p. 1074–1087, 2009.

ROMAN JUNIOR, W. A.; PIATO, A. L.; CONTERATO, G. M. M. Hypolipidemic effects of *Solidago chilensis* hydroalcoholic extract and its major isolated constituent

quercetrin in cholesterol-fed rats. **Pharmaceutical Biology**, v. 53, n. 10, p. 1488–1495, 2015.

RØSTELIEN, T.; BORG-KARLSON, A. K.; FÄLDT, J.; JACOBSSON, U.; MUSTAPARTA, H. The plant sesquiterpene germacrene D specifically activates a major type of antennal receptor neuron of the tobacco budworm moth *Heliothis virescens*. **Chemical Senses**, v. 25, n. 2, p. 141–148, 2000.

RUSSO, A.; GARBARINO, J. *Solidago chilensis* Meyen et *Kageneckia oblonga* Ruiz & Pav.: a minireview on their antioxidant profile. **Phytothérapie**, v. 6, n. 6, p. 333–341, 2008.

SABIR, S. M.; AHMAD, S. D.; HAMID, A. Antioxidant and hepatoprotective activity of ethanolic extract of leaves of *Solidago microglossa* containing polyphenolic compounds. **Food Chemistry**, v. 131, n. 3, p. 741–747, 2012.

SANTANA, H. T.; TRINDADE, F. T. T.; STABELI, R. G.; SILVA, A. A. E.; MILITÃO, J. S. L.T.; FACUNDO, V. A. Essential oils of leaves of Piper species display larvicidal activity against the dengue vector, *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v. 17, n. 1, p. 105–111, 2015.

SANTOS, F. A.; AZEVEDO, C. A. V. The assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733–3740, 2016.

SCHNEIDER, M.; SACHETT, A.; SCHÖNELL, A. P. Hypoglycemic and hypolipidemic effects of *Solidago chilensis* in rats. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 25, n. 3, p. 258–263, 2015.

SHAO, Q.; WANG, H.; GUO, H. Effects of shade treatments on photosynthetic characteristics, chloroplast ultrastructure, and physiology of *Anoectochilus roxburghii*. **PloS One**, v. 9, n. 2, p. e85996, 2014.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 4, n. 3, p. 289–302, 1981.

SILVA, A. G.; SOUSA, C. P. G.; KOEHLER, J. Evaluation of an extract of Brazilian arnica (*Solidago chilensis* Meyen, Asteraceae) in treating lumbago. **Phytotherapy Research**, v. 24, n. 2, p. 283–287, 2010.

SILVA, A. G.; MACHADO, E. R.; ALMEIDA, L. M. A clinical trial with Brazilian arnica (*Solidago chilensis* Meyen) glycolic extract in the treatment of tendonitis of flexor and extensor tendons of wrist and hand. **Phytotherapy Research**, v. 29, n. 6, p. 864–869, 2015a.

SILVA, L.; ONIKI, G. H.; AGRIPINO, D. G. Biciclogermacreno, resveratrol e atividade antifúngica em extratos de folhas de *Cissus verticillata* (L.) Nicolson & Jarvis (Vitaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, p. 361–367, 2007.

SILVA, R. F.; PACHECO, L. P.; SOARES, L. S. Growth suppression of sandspur grass by cover crops. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 3, p. 319–325, 2015b.

SMOLAREK, F. S. F. **Contribuição ao estudo fitoquímico, toxicológico e das atividades biológicas da espécie vegetal *Solidago microglossa* DC (Compositae)**. 140 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

SOLTANI, E.; BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. A quantitative analysis of seed dormancy and germination in the winter annual weed *Sinapis arvensis* (Brassicaceae). **Botany**, v. 94, n. 4, p. 289–300, 2016.

SONG, Y. H.; SHIM, J. S.; KINMONTH-SCHULTZ, H. A.; IMAIZUMI, T. Photoperiodic flowering: time measurement mechanisms in leaves. **Annual Review of Plant Biology**, v. 66, n. 1, p. 441–464, 2015.

SOUZA, B. A. D. A.; GOMES, E. N.; FRANCISCO, F.; FERRIANI, A. P.; AMARAL, W.; DESCHAMPS, C. Teores de quercitrina em acessos de *Solidago chilensis* Meyen (Asteraceae) e sua correlação com atributos químicos do solo. **Scientia Agraria**, v. 19, n.2, p. 65-70, 2018a.

SOUZA, D. M. F. D.; SÁ, R. D.; ARAÚJO, E. L. Anatomical, phytochemical and histochemical study of *Solidago chilensis* Meyen. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2, p. 2107–2120, 2018b.

- SOUZA, M. S.; ALVES, S. S. V.; DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, J. D. B.; AROUCHA, E. M. M. Comparação de métodos de mensuração de área foliar para a cultura da melancia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 241-245, 2012.
- STELIOPOULOS, P.; WÜST, M.; ADAM, K.-P.; MOSANDL, A. Biosynthesis of the sesquiterpene germacrene D in *Solidago canadensis*: <sup>13</sup>C and <sup>2</sup>H labeling studies. **Phytochemistry**, v. 60, n. 1, p. 13–20, 2002.
- STEWART, A. J.; CHAPMAN, W.; JENKINS, G. I. The effect of nitrogen and phosphorus deficiency on flavonol accumulation in plant tissues. **Plant, Cell & Environment**, v. 24, n. 11, p. 1189–1197, 2001.
- STRANDEN, M.; BORG-KARLSON, A. K.; MUSTAPARTA, H. Receptor neuron discrimination of the germacrene D enantiomers in the moth *Helicoverpa armigera*. **Chemical Senses**, v. 27, n. 2, p. 143–152, 2002.
- STRANDEN, M.; LIBLIKAS, I.; KÖNIG, W. A. (–)-Germacrene D receptor neurones in three species of heliothine moths: structure-activity relationships. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 189, n. 7, p. 563–577, 2003.
- SU, Z. S.; YIN, S.; ZHOU, Z. W. Sesquiterpenoids from *Hedyosmum orientale*. **Journal of Natural Products**, v. 71, n. 8, p. 1410–1413, 2008.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Artmed Editora: Porto Alegre, 2017. 858 p.
- TAMURA, E. K.; JIMENEZ, R. S.; WAISMAM, K. Inhibitory effects of *Solidago chilensis* Meyen hydroalcoholic extract on acute inflammation. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 122, n. 3, p. 478–485, 2009.
- TAN, S. C. Phenylalanine ammonia-lyase and the phenylalanine ammonia-lyase inactivating system: effects of light, temperature and mineral deficiencies. **Functional Plant Biology**, v. 7, n. 2, p. 159–167, 1980.
- TIMM, S.; FLORIAN, A.; ARRIVAUULT, S. Glycine decarboxylase controls photosynthesis and plant growth. **FEBS Letters**, v. 586, n. 20, p. 3692–3697, 2012.
- TININIS, A. G.; ASSONUMA, A. A.; TELASCREA, M. Composição e variabilidade química de óleo essencial de *Casearia sylvestris* Sw. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 8, n. 4, p. 132–136, 2006.

TOMMASI, N.; PIZZA, C.; CONTI, C.; ORSI, N.; STEIN, M. L. Structure and in vitro antiviral activity of sesquiterpene glycosides from *Calendula arvensis*. **Journal of Natural Products**, v. 53, n. 4, p. 830–835, 1990.

TRAN, D. N.; CRAMER, N. biomimetic synthesis of (+)-ledene,(+)-viridiflorol,(–)-palustrol,(+)-spathulenol, and psiguadial A, C, and D via the platform terpene (+)-bicyclogermacrene. **Chemistry–A European Journal**, v. 20, n. 34, p. 10654–10660, 2014.

TRANCHIMAND, S.; BROUANT, P.; IACAZIO, G. The rutin catabolic pathway with special emphasis on quercetinase. **Biodegradation**, v. 21, n. 6, p. 833–859, 2010.

UMLAUF, D.; ZAPP, J.; BECKER, H.; ADAM, K. P. Biosynthesis of the irregular monoterpene artemisia ketone, the sesquiterpene germacrene D and other isoprenoids in *Tanacetum vulgare* L. (Asteraceae). **Phytochemistry**, v. 65, n. 17, p. 2463–2470, 2004.

VALVERDE, S. S.; OLIVEIRA, T. B.; SOUZA, S. P. *Solidago chilensis* Meyen (Asteraceae). **Revista Fitos**, v. 7, n. 03, p. 131-136, 2013.

VICENTE, L. V.; PRIETO, M.; MORALES, A. I. Eficacia y seguridad de la quercetina como complemento alimenticio. **Revista de Toxicología**, v. 30, n. 2, 2013.

VILA, R.; MUNDINA, M.; TOMI, F. Composition and antifungal activity of the essential oil of *Solidago chilensis*. **Planta Medica**, v. 68, n. 2, p. 164–167, 2002.

WAGNER, C.; FACHINETTO, R.; DALLA CORTE, C. L. Quercitrin, a glycoside form of quercetin, prevents lipid peroxidation in vitro. **Brain Research**, v. 1107, n. 1, p. 192–198, 2006.

WAGNER, C.; VARGAS, A. P.; ROOS, D. H. Comparative study of quercetin and its two glycoside derivatives quercitrin and rutin against methylmercury (MeHg)-induced ROS production in rat brain slices. **Archives of Toxicology**, v. 84, n. 2, p. 89–97, 2010.

WASICKY, R. Uma modificação do aparelho de Clevenger para extração de óleos essenciais. **Revista Faculdade de Farmácia e Bioquímica**, v.1, n.1, p.77-81, 1963.

WIEĆKOWSKI, S. The influence of temperature and light intensity on the leaf growth and chlorophyll synthesis. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae**, v. 32, n. 4, p. 719–730, 2015.

WIERDAK, R. N. Does mineral fertilization modify essential oil content and chemical composition in medicinal plants. **Acta Scientiarum Polonorum - Hortorum Cultus**, v. 12, n. 5, p. 3–16, 2013.

WIERDAK, R. N.; BOROWSKI, B.; DZIDA, K.; ZAWISLAK, G.; KOWALSKI, R. Essential oil composition of sweet basil cultivars as affected by nitrogen and potassium fertilization. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 37, n. 4, p. 427–436, 2013.

YAMAKOSHI, Y.; MURATA, M.; SHIMIZU, A.; HOMMA, S. Isolation and characterization of macrocarpals BG antibacterial compounds from *Eucalyptus macrocarpa*. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v. 56, n. 10, p. 1570–1576, 1992.

YAMASAKI, T.; SATO, M.; SAKOGUCHI, H. (-)-Germacrene D: masking substance of attractants for the cerambycid beetle, *Monochamus alternatus* (HOPE). **Applied Entomology and Zoology**, v. 32, n. 3, p. 423–429, 1997.

YANG, F. Q.; LI, S. P.; CHEN, Y. Identification and quantitation of eleven sesquiterpenes in three species of *Curcuma rhizomes* by pressurized liquid extraction and gas chromatography–mass spectrometry. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 39, n. 3–4, p. 552–558, 2005.

YANG, L.; WEN, K. S.; RUAN, X. Response of plant secondary metabolites to environmental factors. **Molecules**, v. 23, n. 4, p. 762, 2018.

YIN, Y.; LI, W.; SON, Y.-O.; et al. Quercitrin protects skin from UVB-induced oxidative damage. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 269, n. 2, p. 89–99, 2013.

YOSHIKUNI, Y.; MARTIN, V. J.; FERRIN, T. E.; KEASLING, J. D. Engineering cotton (+)- $\delta$ -cadinene synthase to an altered function: germacrene D-4-ol synthase. **Chemistry & Biology**, v. 13, n. 1, p. 91–98, 2006.

ZIMDAHL, R. L. **Fundamentals of weed science**. 5 ed. Academic Press, San Diego, 2018. 758 p.

ZIVCAK, M.; BRESTIC, M.; KALAJI, H. M. Photosynthetic responses of sun-and shade-grown barley leaves to high light: is the lower PSII connectivity in shade leaves associated with protection against excess of light? **Photosynthesis Research**, v. 119, n. 3, p. 339–354, 2014.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O Brasil possui a maior biodiversidade do planeta. Frase recorrente, vulgarizada, que não tem repercutido fielmente a magnitude deste recurso ambiental. Há uma imensa riqueza nesta biodiversidade, capaz de curar ou auxiliar no tratamento de diversas doenças, fornecer matéria prima para novos produtos na área da higiene, cosméticos, alimentos e agropecuária, capaz de sustentar a criação de cadeias produtivas geradoras de renda e desenvolvimento local e nacional, capaz de estimular um desenvolvimento tecnológico retardatário.

Entretanto, o uso racional da biodiversidade é raro e há pouco embasamento científico para consolidar a imensa biodiversidade do cerrado como fonte de óleos essenciais. Apenas uma pequena parcela das espécies já foi investigada, e em geral superficialmente. Além de poucas pesquisas na área, são, em maioria, de baixo impacto.

Se por um lado há poucos estudos sobre a biodiversidade nacional, por outro, para os pesquisadores, há um imenso campo para pesquisas inovadoras. Todavia é necessário fortalecer grupos de pesquisa, torná-los mais consistentes, referências na área de estudo, com pesquisadores experientes que possam sustentar pesquisas prolongadas em busca de resultados de maior impacto.

A maior parte da pesquisa científica é realizada por pesquisadores em formação e, assim, é natural que a produção científica seja marcada pela incipiência dos autores. Fato corroborado pelo dado de que 78% das pesquisas abordadas na revisão bibliométrica foram desenvolvidas por autores que publicaram apenas um artigo sobre as espécies estudadas.

O tema Ciência e Tecnologia é pouco abordado no sistema educacional brasileiro. É necessário modificar a formação dos pesquisadores desde as escolas até a pós-graduação, em busca de desenvolver cientistas mais capazes e antenados aos anseios sociais e de conscientizar a sociedade sobre o papel da ciência.

É necessário discutir exaustivamente durante a formação dos pesquisadores sobre ciência de base, ciência aplicada e tecnologia, tendo em vista a melhor organização e proveito da produção científica nacional. Assim, os pesquisadores poderiam enquadrar corretamente seus trabalhos e os concluir da forma mais adequada, seja com a publicação de um artigo científico que explique algum

fenômeno ou uma patente sobre um método útil para o desenvolvimento de processos de interesse coletivo, por exemplo.

O enfoque de parte pesquisas em solucionar demandas sociais pode ser uma forma de fomentar a melhoria da qualidade de vida, garantir o reconhecimento social e o avanço dos investimentos e melhorias na produção científica.

Revisões bibliográficas auxiliam no processo de criação do conhecimento, por compilarem as informações disponíveis e indicarem os caminhos ainda não traçados, os caminhos da inovação na vanguarda do desenvolvimento científico. Também são os artigos com maior impacto. Assim, podem ser ferramentas para auxiliar na formação de pesquisadores.

A falta de integração entre os setores de pesquisa interdependentes resulta em carência de novas espécies para estudos farmacológicos, desconhecimento de espécies de interesse para desenvolvimento de tecnologias de cultivo e ignorância acerca de espécies potenciais para estudos inovadores de fitoquímica, enquanto há imensa lacuna em todos estes setores a ser preenchida. Assim, é importante a integração de tais áreas, seja de forma direta entre pesquisadores, seja pelo estudo sistematizado dos temas.

Há grande demanda de pesquisa sobre manejo e cultivo de espécies medicinais nativas. Isto se dá pela existência de diversos fitoterápicos registrados ou em processo de registro para os quais não há matéria prima à disposição da indústria. Para estes produtos já desenvolvidos e muitos lançados no mercado, pode-se considerar que já foi trabalhada suficientemente a questão fitoquímica e farmacológica, restando apenas a pesquisa acerca da ecologia e cultivo da espécie, consistindo oportunidade para pesquisadores desenvolverem trabalhos de impacto e agricultores alcançarem novas opções de renda, podendo, inclusive, serem realizadas as pesquisas em conjunto a agricultores interessados, aliando pesquisa e extensão.

Dentro do campo agrícola, as possibilidades de estudo acerca das espécies medicinais de interesse industrial são imensas e de grande utilidade prática. Desde a investigação das melhores formas de propagação, implantação das culturas a campo, influência do manejo, nutrição, espaçamento, sombreamento, radiação, irrigação e práticas culturais na produção de biomassa e qualidade química, a busca por materiais genéticos superiores, formas de colheita, beneficiamento e armazenamento. Tendo em vista a demanda por matéria prima de diversas espécies, o

desenvolvimento de tecnologias neste sentido deveria ser prioridade de institutos de pesquisa da área. É uma área de estudo muito interessante pela rápida resposta em termos de compreensão dos processos fisiológicos e do desenvolvimento de tecnologia necessária para a produção da matéria prima demandada.

Os caminhos para promover a produção científica nacional, assim como estabelecer bases científicas para toda cadeia produtiva relacionada ao uso das espécies do Cerrado como fonte de óleos essenciais depende da convergência entre os setores envolvidos e o governo no sentido de lançar políticas públicas de educação, ciência e tecnologia que possam embasar este salto tecnológico.

*S. chilensis* é uma espécie aromática largamente utilizada como fitoterápico, entretanto a matéria prima utilizada é coletada em ambientes naturais, não havendo cultivo ou manejo racional.

Observou-se ser de rápida implantação e desenvolvimento, responsiva a adubação e irrigação e de grande produção de biomassa. Pode ser propagada via semente ou de forma vegetativa. Produz muitas sementes, porém a maioria são chochas. O beneficiamento com peneiras e soprador melhora muito o valor cultural da espécie, chegando a 59% de germinação, porém o beneficiamento é dificultado pela presença de papus.

As sementes são muito pequenas, apresentam papus e são de difícil beneficiamento. A peletização com produtos a base de calcário e fósforo pode ser uma forma de facilitar o manuseio das sementes e auxiliar no desenvolvimento inicial da cultura.

Como as sementes germinam entre 15 e 35 °C, a espécie pode ser implantada a campo em períodos de temperaturas mais amenas, como no final do inverno, quando há menor desenvolvimento das espécies concorrentes, reduzindo a matocompetição, uma das maiores dificuldades na produção de plantas medicinais pela elevada demanda de mão de obra para capina.

O fornecimento de 5,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 1,5 g planta<sup>-1</sup> de potássio, promove maior produção e qualidade nas condições avaliadas. O nível de fósforo no solo deve ser elevado para pelo menos 30 mg dm<sup>-3</sup> e o pH entre 5,5 e 6,5.

A espécie apresenta grande produção de biomassa que, associada a elevados teores de óleos essenciais e flavonoides de interesse industrial, pode ser uma espécie potencial para fornecimento destes compostos.

*E. mollis* é uma espécie aromática, medicinal e de grande interesse internacional para uso fitoterápico, todavia, ainda desconhecida em seus aspectos ecológicos e agrícolas.

Observou-se desenvolvimento inicial mais lento, sendo necessário maior esforço para controle das plantas concorrentes, apresenta menor produção de biomassa e menor resposta à nutrição e irrigação. Apresenta crescimento lento em períodos de temperaturas mais amenas, sendo aconselhável o plantio em estufa ou durante a primavera e verão.

O florescimento ocorre durante toda estação quente e chuvosa e a maturação das sementes é heterogênea, e o ponto de colheita dos capítulos se dá aos 49 dias após a antese e pode ser identificado pela coloração marrom das brácteas interflorais, devendo ser colhidos manualmente escolhendo-se apenas os capítulos maduros para obtenção de sementes com maior poder germinativo e menor teor de água.

O beneficiamento com peneiras e soprador de sementes possibilita obtenção de sementes com valor cultural acima de 80 %. As sementes podem ser armazenadas a frio por 12 meses sem prejuízos para germinação.

Solos com pH acima de 5,5 e saturação por bases acima de 70% propiciam melhor desenvolvimento e produção de sementes da espécie. As sementes germinam entre as temperaturas de 20 a 35°C e apresentam rápida germinação a 30°C, cerca de 3,6 dias. As sementes são muito sensíveis à salinidade, com significativa redução da germinação em potencial hídrico inferior a -0,125 MPa.

Espécies pouco conhecidas, sem protocolo de propagação estabelecido, propagadas via semente e com alta variabilidade genética tendem a apresentar grande variação nos experimentos, sendo recomendado o uso da maior quantidade possível de plantas por parcela e número de repetições, além da correta homogeneização dos lotes de sementes.

Ainda assim, é recomendável a produção de mudas em excesso ou a semeadura de sementes em excesso para possibilitar um processo de homogeneização do experimento, garantindo a observação das variáveis em análise.

No mesmo sentido, a falta de informações sobre estes novos cultivos pode incorrer em escolha equivocada de tratamentos, sendo importante o teste preliminar, em busca de conhecer os aspectos básicos da cultura e a resposta esperada aos

tratamentos, permitindo ajustar os tratamentos de forma a melhor compreender o comportamento da cultura.

## REFERÊNCIAS

- ADORJAN, B.; BUCHBAUER, G. Biological properties of essential oils: an updated review. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 25, n. 6, p. 407–426, 2010.
- BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils – A review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446–475, 2008.
- BASTIN, J. F.; BERRAHMOUNI, N.; GRAINGER, A. The extent of forest in dryland biomes. **Science**, v. 356, n. 6338, p. 635–638, 2017.
- BELCHER, B. M. Forest product markets, forests and poverty reduction. **International Forestry Review**, v. 7, n. 2, p. 82–89, 2005.
- BERTONCELLO, R.; YAMAMOTO, K.; MEIRELES, L. D.; SHEPHERD, G. J. A phytogeographic analysis of cloud forests and other forest subtypes amidst the Atlantic forests in south and southeast Brazil. **Biodiversity and Conservation**, v. 20, n. 14, p. 3413–3433, 2011.
- BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Brazilian essential oils: general view, developments and perspectives. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 588–594, 2009.
- BÔAS, V.; KRUSE, G.; GADELHA, C. A. G. Oportunidades na indústria de medicamentos e a lógica do desenvolvimento local baseado nos biomas brasileiros: bases para a discussão de uma política nacional. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, p. 1463–1471, 2007.
- BONANOMI, J.; TORTATO, F. R.; GOMES, R. DE S. R. Protecting forests at the expense of native grasslands: Land-use policy encourages open-habitat loss in the Brazilian cerrado biome. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 17, n. 1, p. 128–142, 2019.
- BRANCALION, P. H. S.; GARCIA, L. C.; LOYOLA, R. Análise crítica da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012), que substituiu o antigo Código Florestal: atualizações e ações em curso. **Natureza & Conservação**, v. 14, p. 1–16, 2016.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Quarto relatório nacional para a convenção sobre diversidade biológica**. Brasília: Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2011. 248 p.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Quinto relatório nacional para a convenção sobre diversidade biológica**. Brasília: Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2016. 240 p.

BRASIL, Ministério da Indústria e Comércio Exterior. **Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior Brasileiro**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2019a.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2019b.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 94, n. 3, p. 223–253, 2004.

CHOUDHARY, D.; KALA, S. P.; TODARIA, N. P.; DASGUPTA, S.; KOLLMAIR, M. Drivers of Exploitation and Inequity in Non-Timber Forest Products (NTFP) Value Chains: The Case of Indian Bay Leaf in Nepal and India. **Development Policy Review**, v. 32, n. 1, p. 71–87, 2014.

CORREA, C. C.; ALVES, A. F. Plantas medicinais como alternativa de negócios: caracterização e importância. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco, AC: SOBER, 2008.

CRAVEIRO, A.; QUEIROZ, D. Óleos essenciais e química fina. **Química Nova**, v. 16, n. 3, p. 224–228, 1993.

DAWSON, I. K.; LEAKEY, R.; CLEMENT, C. R. The management of tree genetic resources and the livelihoods of rural communities in the tropics: Non-timber forest products, smallholder agroforestry practices and tree commodity crops. **Forest Ecology and Management**, v. 333, p. 9–21, 2014.



EDRIS, A. E. Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: a review. **Phytotherapy Research**, v. 21, n. 4, p. 308–323, 2007.

FEARNSIDE, P. M. Status of South American Natural Ecosystems. **Reference Module in Life Sciences**. Elsevier: Oxford. 2017. p. 599-611.

FEISTAUER, D.; LOVATO, P. E.; SIMINSKI, A.; RESENDE, S. A. impactos do novo código florestal na regularização ambiental de propriedades rurais familiares. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 749–757, 2014.

FERREIRA, M. D. P.; COELHO, A. B.; FERREIRA, M. D. P.; COELHO, A. B. Desmatamento recente nos estados da amazônia legal: uma análise da contribuição dos preços agrícolas e das políticas governamentais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 53, n. 1, p. 91–108, 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 13 jan. 2017.

GRAND VIEW RESEARCH. **Essential oils market size, share & trends analysis report by product (orange, corn, mint, eucalyptus, citronella, pepper mint, lemon, clove leaf, lime, spearmint), by application, and segment forecasts**. 2018. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/essential-oils-market>. Acesso em: 19 jun. 2018.

HASEGAWA, K.; FURUYA, R.; MIZUNO, H.; UMISHIO, K.; SUETSUGU, M.; SATO, K. Inhibitory effect of *Elephantopus mollis* H.B. and K. extract on melanogenesis in B16 murine melanoma cells by downregulating microphthalmia-associated transcription factor expression. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v. 74, n. 9, p. 1908–1912, 2010.

HOMMA, A. K. O. Plant extractivism or plantation: what is the best option for the Amazon? **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 167–186, 2012.

JENSEN, A. Valuation of non-timber forest products value chains. **Forest Policy and Economics**, v. 11, n. 1, p. 34–41, 2009.

KABIRU, A.; POR, L. Y.; KABIRU. Elephantopus species: traditional uses, pharmacological actions and chemical composition. **Advances in Life Science and Technology**, v. 15, p. 6–13, 2013.

KLEIN, T.; LONGHINI, R.; BRUSCHI, M. L.; MELLO, JO. C. P. D. Fitoterápicos: um mercado promissor. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 30, n. 3, p. 241–248, 2010.

LAWRENCE, B. M. A. Preliminary report on the world production of some selected essential oils and countries. **Perfumer & Flavorist**, v. 34, p. 147, 2009.

LIMA, M.; SILVA JUNIOR, C. A. DA; RAUSCH, L.; GIBBS, H. K.; JOHANN, J. A. Demystifying sustainable soy in Brazil. **Land Use Policy**, v. 82, p. 349–352, 2019.

LUBBE, A.; VERPOORTE, R. Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials. **Industrial Crops and Products**, v. 34, n. 1, p. 785–801, 2011.

MARQUES, M. S.; HANAZAKI, N. Characterization and participative mapping of non-timber forest product extraction: the case of leatherleaf fern *Rumohra adiantiformis* (G. Forst.) Ching. **Ethnoscience**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2016.

MELESE, S. M. Importance of non-timber forest production in sustainable forest management, and its implication on carbon storage and biodiversity conservation in Ethiopia. **International Journal of Biodiversity and Conservation**, v. 8, n. 11, p. 269–277, 2016.

MIGUEL, M. G. Antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oils: a short review. **Molecules**, v. 15, n. 12, p. 9252–9287, 2010.

MIRANDA, E. E.; DE CARVALHO, C. A.; OSHIRO, O. T. Primeiras análises do Cadastro Ambiental Rural (CAR) em São Paulo. **AgroANALYSIS**, v. 37, n. 4, p. 42–43, 2017.

MITTERMEIER, R. A.; RYLANDS, A. B. Biodiversity Hotspots. In: D. A. Dellasala; M. I. Goldstein (Orgs.); **Encyclopedia of the Anthropocene**. Oxford: Elsevier. 2018. p.67–75.

NERIO, L. S.; OLIVERO-VERBEL, J.; STASHENKO, E. Repellent activity of essential oils: a review. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 1, p. 372–378, 2010.

OLSON, D. M.; DINERSTEIN, E.; WIKRAMANAYAKE, E. D. Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on earth: a new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity. **BioScience**, v. 51, n. 11, p. 933–938, 2001.

RAUT, J. S.; KARUPPAYIL, S. M. A status review on the medicinal properties of essential oils. **Industrial Crops and Products**, v. 62, p. 250–264, 2014.

RAYNAUT, C.; ZANONI, M.; LANA, P. C. O desenvolvimento sustentável regional: o que proteger? Quem desenvolver? **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 47, p. 275–289, 2018.

RIBEIRO, M. C.; MARTENSEN, A. C.; METZGER, J. P. The Brazilian Atlantic Forest: A Shrinking Biodiversity Hotspot. In: F. E. ZACHOS; J. C. HABEL (Orgs.); **Biodiversity Hotspots**. Springer Berlin Heidelberg. 2011. p.405–434.

ROMAN JUNIOR, W. A.; PIATO, A. L.; CONTERATO, G. M. M. Hypolipidemic effects of *Solidago chilensis* hydroalcoholic extract and its major isolated constituent quercetrin in cholesterol-fed rats. **Pharmaceutical Biology**, v. 53, n. 10, p. 1488–1495, 2015.

SANGWAN, N. S.; FAROOQI, A. H. A.; SHABIH, F.; SANGWAN, R. S. Regulation of essential oil production in plants. **Plant Growth Regulation**, v. 34, n. 1, p. 3–21, 2001.

SANO, E. E.; RODRIGUES, A. A.; MARTINS, E. S. Cerrado ecoregions: A spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation. **Journal of Environmental Management**, v. 232, p. 818–828, 2019.

SARLET, I. W.; MACHADO, P. A. L.; FENSTERSEIFER, T. **Constituição e legislação ambiental comentadas**. Editora Saraiva: São Paulo, 2015. 760 p.

SHACKLETON, C. M.; PANDEY, A. K. Positioning non-timber forest products on the development agenda. **Forest Policy and Economics**, v. 38, p. 1–7, 2014.

SOUTHERN AFRICAN DEVELOPMENT COMMUNITY. **Trade Information Brief: Essential Oils**. 2008. Disponível em: <<http://www.sadctrade.org/tib/essentialoils>>. Acesso em: 19 jan. 2017.

SOUZA, D. M. F. D.; SÁ, R. D.; ARAÚJO, E. L. Anatomical, phytochemical and histochemical study of *Solidago chilensis* Meyen. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2, p. 2107–2120, 2018b.

YADAV, M.; MISRA, S. Sustainable development: a role for market information systems for non-timber forest products. **Sustainable Development**, v. 20, n. 2, p. 128–140, 2012.

YUNES, R. A.; PEDROSA, R. C.; CECHINEL FILHO, V. Fármacos e fitoterápicos: a necessidade do desenvolvimento da indústria de fitoterápicos e fitofármacos no Brasil. **Química Nova**, v. 24, n. 1, p. 147–152, 2001.

## APÊNDICE – NOMES CIENTÍFICOS COMPLETOS DAS ESPÉCIES ABORDADAS

*Anacardium humile* A. St.-Hil.  
*Schinus lentiscifolius* Marchand  
*Schinus terebinthifolius* Raddi  
*Tapirira guianensis* Aubl.  
*Annona cacans* Warming  
*Annona cornifolia* A. St.-Hil.  
*Annona crassiflora* Mart.  
*Annona dioica* A. St.-Hil.  
*Duguetia furfuracea* (A. St.-Hil.) Benth & Hook  
*Duguetia lanceolata* A. St.-Hil.  
*Guatteria australis* A. St.-Hil.  
*Rollinia emarginata* Schldl.  
*Eryngium junceum* Cham & Schldl.  
*Eryngium ebracteatum* Lam.  
*Eryngium elegans* Cham. & Schltdl.  
*Eryngium horridum* Malme  
*Aspidosperma tomentosum* Mart.  
*Macrosiphonia virescens* (A. St.-Hil.) Marg. Müll.  
*Mandevilla coccinea* (Hook & Arn.) Woodson  
*Mandevilla illustris* (Vell.) Woodson  
*Mandevilla velutina* K. Schum.  
*Butia microspadix* Burret  
*Aristolochia chamissonis* (Klotzsch) Duch.  
*Achyrocline satureioides* (Lam.) DC.  
*Aspilia montevidensis* (Spreng.) Kuntze  
*Baccharis coridifolia* DC.  
*Baccharis dracunculifolia* DC.  
*Baccharis myricifolia* DC.  
*Baccharis trimera* (Less.) DC.  
*Bidens pilosa* L.  
*Calea cuneifolia* DC.  
*Calea cymosa* Less.

*Calea hispida* (DC.) Baker  
*Calea longifolia* Gardner  
*Calea monocephala* Dusén  
*Calea parvifolia* (DC.) Baker  
*Chromolaena laevigata* (Lam.) R.M. King & H. Rob.  
*Chrysolaena flexuosa* (Sims) H. Rob.  
*Elephantopus mollis* Kunth  
*Gochnatia paniculata* (Less.) Cabrera  
*Gochnatia velutina* (Bong.) Cabrera  
*Grazielia intermedia* (DC.) R.M. King & H. Rob.  
*Grazielia multifida* (DC.) R.M. King & H. Rob.  
*Melampodium divaricatum* (Rich.) DC.  
*Pterocaulon alopecuroides* (Lam.) DC.  
*Pterocaulon angustifolium* DC.  
*Pterocaulon rugosum* (Vahl) Malme  
*Senecio brasiliensis* (Spreng.) Less.  
*Solidago chilensis* Meyen  
*Stevia clausenii* Sch. Bip. ex Baker  
*Vernonanthura crassa* (Vell.) H. Rob.  
*Jacaranda micrantha* Cham.  
*Jacaranda oxyphylla* Cham  
*Pyrostegia venusta* (Ker Gawl.) Miers  
*Zeyheria montana* Mart.  
*Bauhinia holophylla* (Bong.) Steud.  
*Copaifera langsdorffii* Desf.  
*Caryocar brasiliense* Cambess.  
*Maytenus evonymoides* Reissek  
*Maytenus robusta* Reissek  
*Clusia parviflora* Humb. & Bonpl. ex Willd.  
*Kielmeyera coriacea* Mart. & Zucc.  
*Kielmeyera paranaensis* Saddi  
*Kielmeyera variabilis* Mart.  
*Evolvulus sericeus* Sw.

*Ipomoea delphinioides* Choisy  
*Merremia digitata* (Spreng.) Hallier f.  
*Merremia macrocalyx* (Ruiz & Pav.) O'Donell  
*Cyperus ferax* Rich.  
*Cyperus odoratus* L.  
*Cyperus megapotaemicus* Kunth  
*Eleocharis filiculmis* Kunth  
*Fimbristylis complanata* (Retz.) Link  
*Kyllinga odorata* Vahl  
*Scleria hirtella* Sw.  
*Scleria latifolia* Sw.  
*Erythroxylum campestre* A. St.-Hil.  
*Erythroxylum cuneifolium* (Mart.) O.E. Schulz  
*Erythroxylum deciduum* A. St.-Hil.  
*Erythroxylum microphyllum* A. St.-Hil.  
*Erythroxylum suberosum* A. St.-Hil.  
*Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg.  
*Croton antisiphiliticus* Mart.  
*Croton celtidifolius* Baill.  
*Croton floribundus* Spreng.  
*Croton migrans* Casar.  
*Croton glandulosus* L.  
*Julocroton humilis* Müll. Arg.  
*Phyllanthus niruri* L.  
*Dalbergia brasiliensis* Vogel  
*Dalbergia miscolobium* Benth.  
*Eriosema longifolium* Benth.  
*Eriosema campestre* Benth.  
*Eriosema crinitum* G. Don var. *macrophyllum* Grear  
*Eriosema heterophyllum* Benth.  
*Eriosema obovatum* Benth.  
*Lupinus guaraniticus* (Hassler) C.P. Sm.  
*Lupinus sellowianus* Harms



*Rhynchosia minima* (L.) DC.  
*Zornia reticulata* Sm.  
*Casearia sylvestris* Sw.  
*Casearia decandra* Jacq.  
*Sinningia allagophylla* (Mart.) Wiehler  
*Sinningia canescens* (Mart.) Wiehler  
*Sinningia elatior* (Kunth) Chautems  
*Hypericum brasiliense* Choisy  
*Hypericum teretiusculum* A. St.-Hil.  
*Juncus microcephalus* H.B.K.  
*Eriope macrostachya* Mart. ex Benth  
*Hypenia glauca* (A.St.-Hil. ex Benth.) Harley  
*Hypenia macrantha* (A.St.-Hil. ex Benth.) Harley  
*Hyptis caespitosa* A. St.-Hil. ex Benth.  
*Peltodon rugosus* Tolm.  
*Peltodon tomentosa* Pohl  
*Salvia minarum* Briq.  
*Cinnamomum sellowianum* (Nees & Mart.) Kosterm.  
*Ocotea corymbosa* Mez  
*Ocotea pulchella* Mart.  
*Ocotea silvestris* Vattimo  
*Ocotea tristis* Mart. ex Nees  
*Persea alba* Nees  
*Persea major* Kopp.  
*Persea venosa* Benth. ex Meisn.  
*Byrsonima brachybotrya* Nied.  
*Byrsonima coccolobifolia* Kunth  
*Byrsonima crassifolia* Steud.  
*Byrsonima intermedia* A.Juss.  
*Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.  
*Guarea macrophylla* Vahl.  
*Calypttranthes concinna* DC.  
*Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg

*Campomanesia pubescens* (DC.) O. Berg  
*Eugenia arenosa* Mattos  
*Eugenia bimarginata* DC.  
*Eugenia pitanga* (O. Berg) Kiaersk.  
*Eugenia pyriformis* Cambess.  
*Eugenia suberosa* Camb.  
*Gomidesia sellowiana* O. Berg.  
*Myrceugenia alpigena* var. *rufa* (O. Berg.) Landrum  
*Myrceugenia myrcioides* (Cambess.) O. Berg  
*Myrcia arborescens* O. Berg.  
*Myrcia breviramis* (O. Berg.) Legrand  
*Myrcia castrensis* (O. Berg) Legrand  
*Myrcia laruotteana* Cambess.  
*Myrcia multiflora* (Lam.) DC.  
*Myrcia obtecta* (Berg.) Kiaersk.  
*Myrcia palustris* DC.  
*Myrcia rostrata* DC.  
*Myrcia venulosa* DC.  
*Myrciaria cuspidata* O. Berg.  
*Psidium australe* Cambess.  
*Psidium cinereum* Mart. ex DC.  
*Psidium cinereum* var. *incanescens* (Mart. ex DC) Legrand  
*Psidium glaucescens* O. Berg.  
*Psidium multiflorum* Camb.  
*Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.  
*Myrsine guianensis* (Aubl.) Kuntze  
*Myrsine lancifolia* Mart.  
*Myrsine umbellata* Mart.  
*Myrsine monticola* Mart.  
*Passiflora edulis* Sims  
*Passiflora villosa* Vell.  
*Elyonurus muticus* (Spreng.) Kunth.  
*Saccharum asperum* (Nees) Steud.

*Polygonum persicaria* L.  
*Polygonum punctatum* Elliott  
*Prunus myrtifolia* Urb.  
*Prunus sellowii* Koehne  
*Solanum argenteum* Dunal  
*Solanum lacerdae* Dusén  
*Solanum lycocarpum* A. St.-Hil.  
*Styrax ferrugineus* Ness & Mart.  
*Styrax leprosus* Hook. & Arn.  
*Lippia lupulina* Cham.  
*Lippia obscura* Briq.  
*Verbena hirta* Spreng.  
*Vitex megapotamica* (Spreng.) Moldenke  
*Vitex polygama* Cham.